

Міністерство освіти і науки України
Національний технічний університет
«Дніпровська політехніка»

Інститут Електроенергетики
(інститут)

Електротехнічний факультет
(факультет)

Кафедра електроенергетики
(повна назва)

ПОЯСНЮВАЛЬНА ЗАПИСКА
кваліфікаційної роботи ступеню бакалавра
(бакалавра, спеціаліста, магістра)

студента Птіцина А.А.
(ПІБ)

академічної групи 141-17зск-1
(шифр)

спеціальності 141 Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка
(код і назва спеціальності)

спеціалізації¹ Електротехнічні системи електроспоживання

за освітньо-професійною програмою Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка

(офіційна назва)

на тему: «Розробка енергетично ефективної системи електропостачання машинобудівного підприємства»

(назва за наказом ректора)

Керівники	Прізвище, ініціали	Оцінка за шкалою		Підпис
		рейтинговою	інституційною	
кваліфікаційної роботи				
розділів:				
Спеціальний	Рогоза М.В.			
Економічний	Тимошенко Л.В.			
Рецензент				
Нормоконтролер				
	Олішевський Г.С.			

Дніпро
2020

ЗАТВЕРДЖЕНО:

завідувач кафедри

електроенергетики

(повна назва)

_____ Рогоза М.В.
(підпис) (прізвище, ініціали)

« _____ » _____ 20 ____ року

ЗАВДАННЯ
на кваліфікаційну роботу
ступеня бакалавра
(бакалавра, спеціаліста, магістра)

Студенту Птіцину А.А. академічної групи 141-17зск-1
(прізвище та ініціали) (шифр)
спеціальності 141 Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка

спеціалізації¹ Електротехнічні системи електроспоживання
за освітньо-професійною програмою Електроенергетика, електротехніка та
електромеханіка
(офіційна назва)

на тему «Розробка енергетично ефективної системи електропостачання машинобудівного підприємства»

затверджену наказом ректора НТУ «Дніпровська політехніка» від _____ № _____

Розділ	Зміст	Термін виконання
<i>Спеціальний</i>	ПОСТАНОВКА ЗАДАЧІ ПРОЕКТУВАННЯ	05.05.20...31.05.20
	ОБГРУНТУВАННЯ ЗАХОДІВ З РЕКОНСТРУКЦІЇ ЦЕХОВОЇ ЕЛЕКТРИЧНОЇ МЕРЕЖІ	
<i>Економічний</i>	ЕКОНОМІЧНА ОЦІНКА ПРОЕКТУ ЗАСТОСУВАННЯ ЗАПРОПОНОВАНИХ ЗАХОДІВ НА ВИРОБНИЦТВІ	01.06.20...07.06.20
<i>Охорони праці</i>	ЗАХОДИ Х ОХОРОНИ ПРАЦІ	08.06.20...14.06.20

Завдання видано

_____ (підпис керівника)

Рогоза М.В.

(прізвище, ініціали)

Дата видачі

Дата подання до екзаменаційної комісії

Прийнято до виконання

_____ (підпис студента)

Птіцин А.А.

(прізвище, ініціали)

Реферат

Пояснювальна записка: 64 с., 4 рис., 24 таблиць, 12 джерел.

Об'єкт дослідження: Цех №67 «Південного машинобудівного заводу».

Мета дипломного проекту: удосконалення та підвищення надійності системи електропостачання.

У вступі подано загальну характеристику галузі, стан проблеми, методи її вирішення.

В «Технологічному розділі» наведені: особливості технологічного процесу, вимоги до систем електропостачання промисловості, визначення категорійності електроприймачів.

В «Спеціальному розділі» здійснено вибір комутаційної апаратури, силових кабелів, вибір схеми живлення, обґрунтування доцільності встановлення трансформаторів, розрахунок та вибір основного електротехнічного обладнання на підстанції, встановлення компенсуючих пристроїв.

У розділі «Охорона праці та безпека в надзвичайних ситуаціях» наведено аналіз небезпечних факторів на підстанції, інженерно-технічні заходи, розрахунок захисного заземлення, дії персоналу в надзвичайній ситуації.

В «Економічному розділі» наведені розрахунки економічного ефекту, що має бути досягнений при впровадженні нового обладнання.

Практичне значення проекту полягає в доцільній заміні обладнання на сучасне та більш надійне, встановленні пристроїв для компенсування реактивної потужності.

ЕЛЕКТРИЧНІ НАВАНТАЖЕННЯ, ТРАНСФОРМАТОР,
КОМПЕНСУЮЧИЙ ПРИСТРІЙ, ВІДХИЛЕННЯ НАПРУГИ

ЗМІСТ

ВСТУП.....	
1 ТЕХНОЛОГІЧНИЙ РОЗДІЛ.....	
1.1 Характеристика об'єкту проектування.....	
2 СПЕЦІАЛЬНИЙ РОЗДІЛ.....	
2.1. Електропостачання об'єкта проектування.....	
2.1.1 Розрахунок електричних навантажень.....	
2.1.2 Вибір цехових трансформаторних підстанцій.....	
2.1.3 Вибір напруги, структури і конструктивного виконання цехової мережі.....	
2.2 Розрахунок цехової мережі.....	
2.3 Методи і засоби регулювання напруги в мережах.....	
2.4 Визначення відхилення напруги.....	
2.5 Визначення місця приєднання конденсаторних установок.....	
2.6 Інтелектуальний регулятор реактивної потужності.....	
2.7 Регулятор реактивної потужності Новар-114 КМБ-системс (Novar-114 KMB-systems 14 ступенів).....	
3 ЕКОНОМІЧНИЙ РОЗДІЛ.....	
3.1. Вступ.....	
3.2. Розрахунок капітальних затрат.....	
3.3. Розрахунок амортизаційних відрахувань.....	
3.4. Розрахунок експлуатаційних витрат.....	
3.5. Визначення річної економії	
4 ОХОРОНА ПРАЦІ	

4.1 Аналіз небезпечних і шкідливих виробничих факторів на підстанції 10/0,4 кВ.....	
4.2. Інженерно-технічні заходи з охорони праці на підстанції 10/0,4 кВ....	
4.3. Розрахунок захисного заземлення.....	
4.4. Пожежна профілактика.....	
Висновки.....	
ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ.....	
Додаток А1 – Креслення до дипломного проекту.....	

Вступ

Питання економного використання всіх видів енергії, в тому числі електричної, і підвищення економічності роботи електроустановок є важливою державною проблемою.

Електроенергія, як особливий вид продукції, володіє певними характеристиками, що дозволяють судити про її придатність в різних виробничих процесах. Сукупність таких характеристик, при яких приймачі електроенергії здатні виконувати закладені в них функції, об'єднані під загальним поняттям якості електроенергії.

В останні роки підвищення якості електроенергії приділяють велику увагу, тому що якість електроенергії може істотно впливати на витрату електроенергії, надійність систем електропостачання, технологічний процес виробництва.

Одним з основних питань, пов'язаних з підвищенням якості електроенергії в мережах, що вирішуються як на стадії проектування, так і на стадії експлуатації систем промислового електропостачання, є питання про компенсацію реактивної потужності, що включає вибір доцільних джерел, розрахунок і регулювання їх потужності, розміщення джерел в системі електропостачання.

Раціональна (оптимальна) компенсація реактивної потужності в промислових електромережах включає в себе широкий комплекс питань, спрямованих на підвищення економічності роботи електроустановок, поліпшення якості споживаної електроенергії і включають в себе методи вибору і розрахунку компенсуючих пристроїв, виходячи з умов виконання завдань енергосистеми; питання місця встановлення компенсуючих пристроїв і їх найвигіднішого розміщення, раціональної та безпечної експлуатації та захисту.

Раціональна компенсація реактивної потужності призводить до зниження втрат потужності через перетоки реактивної потужності, забезпечення належної якості споживаної електроенергії за рахунок

регулювання і стабілізації рівня напруги в електромережах, досягненню високих техніко-економічних показників роботи електроустановок.

Проблема компенсації реактивної потужності в електричних системах країни має велике значення з наступних причин:

- 1) у промисловому виробництві спостерігається випереджаюче зростання споживання реактивної потужності в порівнянні з активною;
- 2) у міських електричних мережах зросло споживання реактивної потужності, обумовлене зростанням побутових навантажень;
- 3) збільшується споживання реактивної потужності в сільських електричних мережах.

Економне використання електроенергії набуває все більшого значення, що необхідно враховувати при проектуванні та експлуатації промислових мереж високої та низької напруги. Аналіз споживання електричної енергії промисловими підприємствами показує, що основними напрямками скорочення втрат електроенергії в мережах є компенсація реактивної потужності з одночасним поліпшенням якості споживаної електричної енергії безпосередньо в мережах промислових підприємств, збільшення завантаження трансформаторів з метою досягнення максимальної ефективності їх використання, наближення трансформаторів до приймачів електроенергії (глибокі вводи), скорочення ступенів трансформації та виключення додаткового реакторного устаткування, скорочення втрат безпосередньо в трансформаторах, впровадження більш економічного силового електрообладнання та джерел світла, оптимізація режимів роботи електрообладнання, реконструкція і переклад мереж на підвищену напругу, впровадження диспетчерського управління та автоматизованих систем управління електропостачанням і урахуванням електроенергії.

1. Технологічний розділ

Цех №67 ДП ВО ПМЗ ім. О.М. Макарова призначений для виготовлення пресформ, необхідних для машинобудівної та ракетно-космічної промисловості.

У найзагальнішому вигляді етапи виробництва прес-форми представлені на рисунку 1. Якщо розглядати кожен етап окремо то виходить комплексний складний технологічний процес, який займає місяці роботи різних фахівців з комп'ютерного моделювання, складання технічної документації, виготовлення та обробки складових частин прес-форми.

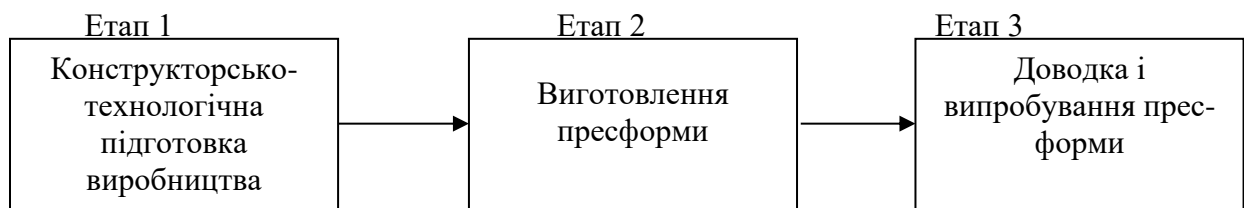


Рис. 1.1. Етапи виробництва пресформи

Конструкторсько-технологічна підготовка виробництва

Перший етап виробництва прес-форми включає підготовка ескізів виробу (ескізна графіка), побудова 3D моделі, фотореалістическую візуалізацію.

Проектування прес-форми включає в себе конструкторську проробку моделі і розділення складальної моделі на окремі конструктивні елементи.

Підготовка кожного конкретного елемента, оформлення лінії роз'єму деталі а також шибєрів, знаків, вставок і місцевості прес-форми. Особливе значення має литникова система.

Уникнути або максимально зменшити викривлення, розлучення, слітіни та інші дефекти можна використовуючи комп'ютерне моделювання процесу заповнення форми. Також при цьому можна контролювати розподіл температури розплаву, швидкостей потоку та інші параметри.

На початковому етапі виробництва прес-форми всі існуючі ідеї, креслення переносяться на комп'ютер, на якому за допомогою певних програм здійснюється проектування прес-форм.

При проектуванні прес-форм застосовуються CAD/CAM системи, автоматизованого, крізного проектування. Система проектування прес-форм Mold-Works для SolidWorks призначена для автоматизації праці конструктора та виконання завдань автоматизованої компоновки прес-форм. Перевірка прес-форми проводиться на комп'ютері за допомогою Mold - flow аналізу. Ведучими постачальниками програмного забезпечення для комп'ютерів в галузі проектування та виготовлення прес-форм, штампів - є компанії Unigraphics, ProEngineer, Cimatron.

Перший етап вкрай важливий для визначення необхідного обсягу робіт на другому етапі виготовлення прес-форми, так як визначається необхідний набір стандартних і спеціальних виробів, необхідних для виготовлення прес-форми.

Виготовлення прес-форми

Другий етап виробництва прес-форми включає конструювання (замовлення стандартних частин, обробка заготовок, виготовлення спеціальних елементів прес-форми), прототипування, і безпосередньо збірка прес-форми.

Конструктивні елементи спеціальних деталей прес-форми.

Прес-форма складається з великої кількості частин, які повинні точно сполучатися між собою.

Деталі прес-форм поділяють на нормалізовані і спеціальні. Конструкція нормалізованих деталей прес-форми, може бути встановлена заздалегідь, незалежно від конструктивних особливостей відливаються виробів в прес-формі.

Будь прес-форма на 50-95% складається з стандартних по номенклатурі і вазі деталей (нормалей). Ці деталі за ціною становлять від 10 до 60% від її повної вартості. Коливання відсотків залежать як від конструкції прес-форми, геометрії відливання і вимог інструментального виробництва, так і від рівня підготовленості конструктора (конструкторській компанії) прес-форми, його бажання і можливості застосувати відповідні стандартні елементи. Рішення однієї і тієї ж технічної задачі при проектуванні прес-форми практично завжди конструктивно інваріантно по гнездності, по литникової системі, за системою виштовхування і т.д.

До нормалізованих деталей прес-форми відносять:

- верхні і нижні плити прес-форми;
- прості плити, механічно оброблені з усіх сторін, які підходять для виготовлення пуансонів, матриць і формотворчих плит, що вимагають великий обсяг вибірки;
- Деталі для прес-форм - Направляючі втулки і колонки, фіксатори, вставки в т.ч. з календарями, пружини і т.д.);
- Штовхачі і елементи для витягання деталей з форми - елементи витягання з форми, хвостовики подвійного ходу, штовхачі від 0,1мм х 200мм, трубчасті штовхачі з товщиною стінки від 0,75 мм. щілинні від 0,8 мм. підшипники, шестерні;
- Литникова система, горячеканальна технологія - литнікові втулки, горячеканальні інжектори (сопла), в т.ч. інжектори багатоточкового уприскування, горячеканальні колектори, фільтри;
- Техніка автоматичного управління - тензи, роз'єми, прилади та датчики контролю, переносні вимірювальні прилади;
- Система охолодження - штуцера в т. ч. з нерж. сталі, муфти, спіральні вставки для пуансонів, прокладки, шланги;
- Інструменти і додаткове обладнання, хімія - спеціальні інструменти і пристосування, мастильні матеріали, конічні свердла, графіт для електродів, готові вставки з графіту.

До спеціальних деталей прес-форми відносять вставні матриці, пуансони, гладкі знаки, різьбові знаки, кільця і т.п. Найбільш відповідальними деталями прес-форми, з точки зору виникають в них напруг, є завантажувальні камери, вставні матриці і обойми прес-форми.

Виробництвом спеціальних деталей займається спеціалізоване інструментальне виробництво, як правило, компанія, в якій безпосередньо замовляється прес-форма.

Матриця - найбільш трудомістка деталь прес-форми. Оформлюючі гнізда прес-форми повинні в точності відповідати конфігурації відливаємих пластмасових виробів. Пуансони застосовують для оформлення зовнішнього або внутрішнього контура відливаємого пластмасового виробу в прес-формі. Гладкі

знаки застосовують для оформлення отворів в відливаються виробах з пластмаси. Гладкі знаки можуть бути одночасно виштовхувачами. Різьбові знаки і кільця призначені для оформлення, відповідно, внутрішньої і зовнішньої різьби в відливаються виробах з пластмаси. Виштовхувачі призначені для видалення пластмасового виробу з оформлюючого гнізда прес-форми.

Таким чином, прес-форма має наступну структуру: пакет плит, систему центрування; систему живлення (литникова система); систему виштовхування; систему охолодження; систему формотворчих деталей. Крім системи формотворчих всі інші деталі можуть бути стандартними або можуть доводитись зі стандартних деталей, що поставляються як заготовки.

Зараз широко використовується система швидкого виготовлення прес-форм і досвідчених партій виробів за технологією TAFA. У конструкцію прес-форм закладаються уніфіковані елементи, виконані за каталогами. Це дозволяє виробникам прес-форм, зосередитися на обробці формотворчих прес-форм, знизити трудомісткість робіт і скоротити терміни виготовлення прес-форм. Виробництво в даному випадку поділяється на три паралельні потоки: самостійне виготовлення формотворчих прес-форм, закупівля і доопрацювання нормалей прес-форми, виготовлення оригінальних деталей прес-форми. За рахунок застосування уніфікованих елементів для прес-форми вдається підвищити якість і довговічність прес-форм

Елементи системи охолодження

Цикл литва більш ніж на 50% складається з часу охолодження виливка. Для створення надійної в роботі системи охолодження прес-форми, технологічної у виготовленні та ремонтнопригодної при експлуатації, пропонуються різноманітні стандартні деталі: швидкоз'ємні сполуки, переливи, турбулізатори, тепловідводні знаки, ущільнювальні кільця, зглушки і пробки. Підключення системи охолодження прес-форми до шлангів джерела хладагента (термостат, охолоджувач, оборотна цехова магістраль) рекомендується проводити швидкознімними сполуками, що складаються з ніпеля і муфти.

Елементи системи охолодження, як правило, присутні в каталогах виробників стандартних деталей для прес-форм. У той же час існують компанії, що спеціалізуються на виробництві елементів систем охолодження.

Обробка прес-форми

Основна частина обробки елементів прес-форми проводиться на фрезерних верстатах з ЧПУ і електроерозійних верстатах.

Технологія обробки припускає три стадії механічної обробки і три - термообробки:

Відпал - чорнова обробка - нормалізація - напівчистова обробка - гарт - остаточна обробка - хромування.

- Відпал необхідний будь заготівлі для зняття залишкових напруг;
- При чорновій обробці знімається основна кількість матеріалу, припуски на робочі поверхні - 0.5-2 мм.
- Нормалізація (відпал) необхідна для зняття основних напруг в заготівлі, це зменшує ризик великих повідець при гарті.
- Напівчистова обробка проводиться з припуском 0,3-0,1 мм. В процесі цієї обробки робиться максимально можлива вибірка по некалені матеріалу і готується поверхня для остаточної чистової обробки.
- Загартування - це дуже відповідальний момент всієї технології. Якщо не допущені грубі помилки в технології, то гарт не виходить за межі розумного ризику.

Цей етап обробки особливо важливий, оскільки саме в цей момент виконуються всі точні обробки.

Для досягнення необхідної точності обробки часто потрібний спеціальний дорогий інструмент, облямовування і пристосування, всі роботи проводяться імпортом високоякісним інструментом.

- Полірування, підгонка і збірка.

Це робота слюсаря-інструментальника. Для кожної конкретної прес-форми зміст цієї роботи може бути різним, саме тут виявляються і виправляються всі помилки. Іноді збірка і випробування прес-форми викликає несподівані проблеми, що збільшує терміни виготовлення.

- Хромування необхідно для отримання високої поверхневої твердості деталей прес-форми, що піддаються підвищеному зносу. Матриця має твердість 44-46 HRC має гарантований ресурс роботи 600-700 тис. циклів. Термін служби хромованої формотворною прес-форми значно вище.

Описані етапи виготовлення прес-форми в загальних рисах розкривають технологію і дозволяють замовнику зіставити ціну роботи та її зміст.

Доведення і випробування прес-форми

На третьому етапі здійснюється доведення прес-форми до виробництва виробу необхідної якості і з заданим часом виробничого циклу. Отримання прес-форми заданої якості - основна мета всіх описаних вище процесів, і якщо прес-форма в робочих умовах не показує заданих результатів, необхідно шукати помилки на перших двох етапах. Від якості виготовлення прес-форми безпосередньо залежить тривалість доведення прес-форми - чим ретельніше виконана робота, ніж менший час буде потрібно на її доведення.

Випробування прес-форми проводиться в умовах, наближених до реальних умов експлуатації прес-форми.

Найважливішою частиною цього процесу є обладнання, на якому здійснюється випробування прес-форм - термопластавтомати - в ідеалі, встановлене для випробування прес-форми обладнання повинно відповідати обладнанню, на якому буде здійснювати виробництво пластикових виробів.

2. Спеціальний розділ

2.1 Електропостачання об'єкта проектування

2.1.1 Розрахунок електричних навантажень проектного об'єкту

Розрахунок електричних навантажень є першим початковим етапом проектування системи електропостачання. По величині розрахункового навантаження визначається потужність трансформатора на підстанції. Існує декілька методів визначення розрахункового навантаження. Розрахунок системи електропостачання проводиться методом впорядкованих діаграм.

Визначення електричних навантажень методом впорядкованих діаграм

Метод дозволяє визначати розрахункове активне навантаження приймачів електричної енергії на всіх ступенях живлячих і розподільних мереж.

Навантаження визначають по методу коефіцієнта використання (K_B) і коефіцієнта максимуму (K_M).

Результати розрахунку проектного цеху заносимо в таблицю 2.1.

Знаходимо розрахункові навантаження для цеху:

Середньозмінне активне навантаження:

$$P_{зм.ц} = 694,3 \text{ кВт}$$

Ефективне число ЕП:

$$n_{э.ц} = \frac{2 \sum_1^n p_{ном i}}{p_{ном max}} = 75 \text{ шт.}$$

Коефіцієнт максимуму:

$$K_M = 1 + \frac{1,4}{\sqrt{(n_э - 1)^{1,1}}} \sqrt{\frac{1 - 1,2 \cdot K_{в.сз}}{K_{в.сз} - 0,01}} = 1 + \frac{1,4}{\sqrt{(75 - 1)^{1,1}}} \sqrt{\frac{1 - 1,2 \cdot 0,21}{0,21 - 0,01}} = 1,254$$

Розрахункове навантаження:

$$P_{м.ц} = K_M \cdot P_{зм.ц} + P_{м.пост} = 1,254 \cdot 694,3 + 951,9 = 1646 \text{ кВт}$$

$$Q_{м.ц} = K_M \cdot Q_{зм.ц} + Q_{м.пост} = 1,254 \cdot 666 + 643,1 = 1309 \text{ квар}$$

$$S_{м.ц} = \sqrt{(P_{м.ц})^2 + (Q_{м.ц})^2} = \sqrt{(1646)^2 + (1309)^2} = 2103 \text{ кВА}$$

$$I_{м.ц} = \frac{S_{м.ц}}{\sqrt{3} \cdot U_H} = \frac{2103}{\sqrt{3} \cdot 0,38} = 3210,5 \text{ А}$$

РАСЧЕТ ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ НАГРУЗОК НА УЧАСТКАХ

Табл. 2.1

№ участка		Наименование узлов питания и групп электроприемников (участков)	Количество электроприемников	Установленная мощность, приведенная к ПВ = 100 %, кВт		Коэффициент использования $K_{и}$	$\cos \varphi$	$\tan \varphi$	Средняя нагрузка за наиболее загруженную смену		Эффективное число электроприемников n_3	Коэффициент максимума K_M	Максимальная нагрузка			Расчетный ток I_M , А	Пиковый ток $I_{пик}$, А
				одного $P_{и}$	группы $P_{и}$				$P_{см}$, кВт	$Q_{см}$, кВАр			P_M , кВт	Q_M , кВАр	S_M , кВА		
1		2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17
УЧАСТОК I	ИПА 1.1	ЭП с переменным ГЭН															
		1. Мостовой кран грузоподъемностью 10 т(2шт)	2	7,75	15,49	0,10	0,50	1,73	1,55	2,68							
			2	8,52	17,04	0,10	0,50	1,73	1,70	2,95							
		2. Подвесной кран грузоподъемностью 5 т	2	0,46	0,93	0,10	0,50	1,73	0,09	0,16							
			1	5,42	5,42	0,10	0,50	1,73	0,54	0,94							
		3. Однофазные сварочные трансформаторы	9		222,84				71,45	111,40							
		4. Металлорежущие станки с особо тяжелым режимом работы	2	90,00	180,00	0,20	0,65	1,17	36,00	42,09							
		5. Сварочная машина МПМ11	2			1,00	0,40	2,29	9,00	20,62			73,48	168,37	183,71	279,12	
		Итого по электроприемникам с переменным ГЭН	20	—	261,72	0,425	0,571	1,439	111,34	160,23	11	1,43	232,51	328,60	402,54	611,60	
		Итого по ШРА-1.1	20	—	262	0,425	0,57	1,44	111	160	—	—	232,51	328,60	402,54	611,60	1621,38
	ИПА 1.2	ЭП с переменным ГЭН															
		1. Металлорежущие станки с легким режимом работы	5	30,00	150,00	0,16	0,50	1,73	24,00	41,57							
			4	13,00	52,00	0,16	0,50	1,73	8,32	14,41							
			7	60,00	420,00	0,16	0,50	1,73	67,20	116,39							
			4	90,00	360,00	0,16	0,50	1,73	57,60	99,77							

		Итого по электроприемникам с переменным ГЭН	20	—	982	0,160	0,500	1,732	157	272	15	1,76	276,70	272	388,10	589,66	
		Итого по ШРА-1.2	20	—	982	0,160	0,50	1,73	157	272	—	—	276,70	272,14	388,10	589,66	1913,31
		ЭП с переменным ГЭН															
		1. Металлорежущие станки с легким режимом работы	8	90,00	720,00	0,16	0,50	1,73	115,20	199,53							
		2. Металлорежущие станки с особо тяжелым режимом работы	3	90,00	270,00	0,20	0,65	1,17	54,00	63,13							
		Итого по электроприемникам с переменным ГЭН	11	—	990	0,171	0,542	1,552	169	263	11	1,88	317,59	263	412,13	626,17	
		Итого по ШРА-1.3	11	—	990	0,171	0,542	1,552	169	263	—	—	317,59	262,67	412,13	626,17	1949,82
		Итого по ЭП с переменным ГЭН	51	—	2234	0,196	0,533	1,588	438	695	32,00	1,43	625,65	695	935,15	1420,81	
		Итого по ЭП с постоянным ГЭН															
		Осветительные приборы	97	1,00	97,00	1,00	0,90	0,48	97,00	46,98	—	1,00	97,00	46,98	107,78	163,75	
		Другие потребители		—									350,00	320,00	474,236	720,527	
		Итого по Участку с учетом осветительной нагрузки	148	—	2331	0,229	0,585	1,388	535	742	—	0,90	965,39	955,81	1358,51	2064,04	3387,69
		ККУ												-450			
		Итого по Участку с учетом ККУ (ШМА-1)					0,886	0,524					965	506	1089,87	1655,88	2979,5
Участок II	ШРА-2.1	ЭП с переменным ГЭН															
		1. Металлорежущие станки с тяжелым режимом работы	10	7,50	75,00	0,17	0,65	1,17	12,75	14,91							
			3	22,00	66,00	0,17	0,65	1,17	11,22	13,12							
			2	55,00	110,00	0,17	0,65	1,17	18,70	21,86							
			8	75,00	600,00	0,17	0,65	1,17	102,00	119,25							
		2. Подвесной кран грузоподъемностью 5 т	2	0,46	0,93	0,10	0,50	1,73	0,09	0,16							
			1	5,42	5,42	0,10	0,50	1,73	0,54	0,94							

		3. Мостовой кран грузоподъемностью 30/5 т(2шт)	4	17,04	68,16	0,10	0,50	1,73	6,82	11,81						
			2	34,86	69,71	0,10	0,50	1,73	6,97	12,07						
		4. Металлорежущие станки с особо тяжелым режимом работы	2	90,00	180,00	0,20	0,65	1,17	36,00	42,09						
		5. Мостовой кран грузоподъемностью 15/3 т	2	5,81	11,62	0,10	0,50	1,73	1,16	2,01						
			1	17,04	17,04	0,10	0,50	1,73	1,70	2,95						
		Итого по электроприемникам с переменным ГЭН	37	—	1203,89	0,164	0,634	1,218	197,96	241,17	20	1,63	323,07	241,17	403,16	612,54
		Итого по ШРА-2.1	37	—	1204	0,164	0,63	1,22	198	241	—	—	323,07	241,17	403,16	612,54
	ШРА-2.2	ЭП с постоянным ГЭН														
		1. Электротермическое оборудование	4	60,00	240,00	0,70	0,95	0,33	168,00	55,22						
			3	90,00	270,00	0,70	0,95	0,33	189,00	62,12						
		2. Вентиляторы, воздуходувки	1	30,00	30,00	0,65	0,80	0,75	19,50	14,63						
		3. Центробежные насосы, компрессоры	2	7,50	15,00	0,70	0,80	0,75	10,50	7,88						
		Итого по ШРА-2.2	10	—	555	0,70	0,94	0,36	387	140	—	1,00	387,00	139,84	411,49	625,19
	ШРА-2.3	ЭП с постоянным ГЭН														
		1. Электротермическое оборудование	2	90,00	180,00	0,70	0,95	0,33	126,00	41,41						
		2. Вентиляторы, воздуходувки	3	30,00	90,00	0,65	0,80	0,75	58,50	43,88						
			5	13,00	65,00	0,65	0,80	0,75	42,25	31,69						
		3. Центробежные насосы, компрессоры	3	55,00	165,00	0,70	0,80	0,75	115,50	86,63						
		Итого по электроприемникам с постоянным ГЭН	13	—	500,00	0,68	0,86	0,59	342,25	203,60	—	1,00	342,25	203,60	398,23	605,05
		Итого по ШРА-2.3	13	—	500	0,685	0,859	0,595	342	204	—	—	342,25	203,60	398,23	605,05
	Итого по ЭП с переменным ГЭН		37	—	1204	0,16	0,63	1,22	198	241	20	1,63	323	241	403	613
	Итого по ЭП с постоянным ГЭН		23		1055	0,69	0,90	0,47	729	343	—	1,00	729,25	343,44	806,08	1224,71
	Осветительные приборы		97	1,00	97,00	1,00	0,90	0,48	97,00	46,98	—	1,00	97,00	46,98	107,78	163,75
	Итого по II участку с учетом осветительной нагрузки		157	—	2356	0,435	0,851	0,617	1024	632	—	—	1149	632	1311,43	1992,51

РАСЧЕТ НАГРУЗКИ ОТ ОДНОФАЗНЫХ ЭЛЕКТРОПРИЕМНИКОВ

Наименование узлов питания и групп электроприемнико в (участков)	Число электроприемников	Общая установленная мощность, приведенная к напряжению 100 В	Установленная мощность ЭП, включенных на линейное напряжение			Коэффициенты приведения				Установленная мощность однофазных ЭП, включенных на фазное напряжение			Коэффициент использования	Коэффициент мощности	Средняя нагрузка					
						(AB),A (BC),B (CA),C		(AB),B (BC),C (CA),A							активная Р _{см} , кВт			реактивная Q _{см} , кВАр		
			ab	bc	ca	p	q	p	q	a	b	c			a	b	c	a	b	c
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21
1. Однофазные сварочные трансформаторы ручной сварки	2	8,84									8,8 4	8,8 4	0,30	0,50		2,65	2,65		4,59	4,59
	4	28,28	56,5 7		56,5 7	1,0 0	0,5 8		1,1 6				0,30	0,50	16,9 7		16,9 7	29,5 3	19,6 9	9,84
2. Однофазные сварочные трансформаторы автоматической сварки	3	30,67	30,6 7	61,3 5		0,8 9	0,3 8	0,1 1	0,9 6				0,35	0,60	9,55	20,2 9	2,36	4,08	18,4 7	20,6 1
Итого	9	ξ = 12,87%													26,5 3	22,9 4	21,9 8	33,6 1	42,7 4	35,0 5

2.1.2 Вибір цехових трансформаторних підстанцій

1. За розрахунковими навантаженнями об'єкту S_m і площею виробничих приміщень F визначається щільність навантаження σ

$$\sigma = \frac{S_{m.ц}}{F} = \frac{2113}{6804} = 0,296 \text{ кВА/м}^2;$$

2. По знайденому значенню щільності навантаження перевіряється оптимальна одинична потужність цехових трансформаторів. Враховуючи наявність електроприймачів I, II і III категорії прийняті до установки трансформатори з номінальною потужністю $S_{ном.т} = 1600$ кВА. Приймається відповідно до складу споживачів коефіцієнт завантаження $\beta = 0,65$.

3. Визначаємо мінімальне число трансформаторів, що встановлюються в цеху

$$N_0 = \frac{S_{m.ц}}{\beta \cdot S_{ном.т}} + \Delta N = \frac{2113}{0,65 \cdot 1600} + 0,053 = 2 \text{ шт};$$

де $\Delta N = 0,053$ – добавка до найбільшого цілого числа;

В цеху встановлені два трансформатори типу ТМ з номінальною потужністю 1600 кВА. Технічні дані трансформатора приведені в табл. 2.2.

Таблиця 2.2. Технічні дані трансформатора

$S_{ном},$ кВ·А	Напруга ВН, кВ	Напруга НН, кВ	ΔP_{xx} , кВт	$\Delta P_{кз},$ кВт	$U_k, \%$	$I_{xx}, \%$	$\Delta Q_{xx},$ квар
1600	10	0,4	3,3	16,5	5,5	1,3	41,8

4. Місце розташування КТП.

Цехову підстанцію слід розташована якомога ближче до центру навантажень, оскільки це дозволяє наблизити високу напругу до центру споживання електричної енергії і значно скоротити протяжність, як розподільних мереж високої напруги підприємства, так і цехових електричних

мереж низької напруги, зменшити витрату провідникового матеріалу і понизити втрати електричної енергії.

Знаходимо центр електричних навантажень:

$$x_{\text{ц}} = \frac{\sum P_i \cdot x_i}{\sum P_i}, \quad y_{\text{ц}} = \frac{\sum P_i \cdot y_i}{\sum P_i}.$$

ЦЕН цеху має координати:

$$x_{\text{ц}} = 54 \text{ м};$$

$$y_{\text{ц}} = 31 \text{ м}.$$

5. Картограма навантажень

Картограма навантажень підприємства – це розміщені по генеральному плану кола, причому площі, обмежені цими колами у вибраному масштабі рівні розрахунковим навантаженням цехів. Для кожної ділянки наноситься своє коло, центр якого співпадає з центром навантажень ділянки.

Картограма електричних навантажень дозволяє наочно представити розподіл навантажень на території промислового підприємства. Кожне коло може бути розділене на сектори, відповідні освітлювальному і силовому навантаженням.

Радіуси кіл і кути секторів освітлювального навантаження:

Для цеху:

$$R_{a1} = \sqrt{\frac{P_{\text{м1}}}{\pi \cdot m}} = \sqrt{\frac{1646}{3,14 \cdot 0,1}} = 52,64 \text{ мм};$$

$$R_{p1} = \sqrt{\frac{Q_{\text{м1}}}{\pi \cdot m}} = \sqrt{\frac{1309}{3,14 \cdot 0,1}} = 41,9 \text{ мм};$$

$$\alpha_1 = 360 \frac{P_{01}}{P_{\text{м1}}} = 360 \frac{62,5}{1646} = 13,6^\circ.$$

2.1.3 Вибір напруги, структури і конструктивного виконання цехової мережі

Найбільше розповсюдження на промислових підприємствах мають установки напругою 380/220 В з глухим заземленням нейтралі. Вибір цієї напруги забезпечує можливість використання трансформаторів для сумісного живлення силових і освітлювальних навантажень.

Додатково встановлюємо характер середовища виробничих приміщень, вид виконання елементів внутрішньоцехової мережі, уточнюємо категорії ЕП за ступенем безперебійності електропостачання.

Схема живлення споживачів – магістральна.

Цехові мережі розподілу електроенергії:

- забезпечують необхідну надійність електроенергії залежно від їх категорії;
- зручні і безпечні в експлуатації;
- мають оптимальні техніко-економічні показники;
- мають конструктивного виконання, що забезпечує застосування індустриальних і швидкісних методів монтажу.

При застосуванні магістральних схем довжина шинопроводів (магістральних і розподільних), якими вони виконані, мало залежить від розташування підстанції, а розподіл трас магістральних і розподільних шинопроводів повністю визначається розміщенням ЕП.

Магістральні постачальні і розподільні лінії конструктивно виконуємо шинопроводами.

Комплектні шинопроводи заводського виготовлення у порівнянні з кабельними мережами мають перевагу відносно надійності, простоти і зручності підключення.

2.2 Розрахунок цехової мережі

Згідно ПУЕ вибираємо перетин кабелю по економічній щільності струму:

$$F = \frac{I_{т.ф.}}{j_e} = \frac{61,2}{1,4} = 43,7 \text{ мм}^2$$

де $j_e = 1,4 \text{ А/мм}^2$ (при $T_m < 5000 \text{ ч}$).

$$I_{т.ф.} = \frac{K_3 \cdot S_{тр}}{\sqrt{3} \cdot U_H} = \frac{0,7 \cdot 1600}{\sqrt{3} \cdot 10} = 65,8 \text{ А}$$

Приймаємо кабель ААШв перетином 50 мм^2 , $I_{доп} = 175 \text{ А}$, що прокладаються в кабельному каналі від джерела живлення до цеху. Розрахунковий струм лінії в післяаварійному режимі при відключенні одного трансформатора:

$$I_M = \frac{1,4 \cdot S_{н.т}}{\sqrt{3} \cdot U_H} = \frac{1,4 \cdot 1600}{\sqrt{3} \cdot 10} = 131,6 \text{ А.}$$

Умова перевірки:

$$I'_{доп} = k_1 \cdot k_2 \cdot I_{доп} \geq I_M,$$

де $k_1 = 1$ – коефіцієнт, що враховує температуру довкілля; $k_2 = 1,2$ – коефіцієнт, що враховує перевантаження, допустиме протягом 6 годин.

$$I'_{доп} = 1 \cdot 1,2 \cdot 175 = 210 \geq 131,6 \text{ А} \text{ – умова виконується.}$$

Отже приймаємо кабель ААШв перетином 50 мм^2 , $I_{доп} = 175 \text{ А}$ ($r_0 = 1,11 \text{ Ом/км.}$; $x_0 = 0,095 \text{ Ом/км.}$; $l_1 = 1024 \text{ м}$).

Вибір ввідного вимикача на стороні 0,4 кВ

Автоматичний вимикач вибираємо по умові проходження по ньому в післяаварійному режимі форсованого струму і з врахуванням відключення 25% споживачів III категорії.

$$I_H \geq I_{р.ф.};$$
$$I_{р.ф.} = \frac{k_3 \cdot S_{нт}}{\sqrt{3} \cdot U_{нн}} \frac{1,4 \cdot 1600 \cdot 0,75}{\sqrt{3} \cdot 0,38} = 2600 \text{ А}$$

Вибираємо вимикач за умовами:

по напрузі: $U_{ном} \geq U_{мер};$

$$I_{пик} = I_{пуск нб} + I_{р.ф.} - K_v \cdot I_{ном нб} = 833,5 + 2600 - 0,24 \cdot 166,7 = 3393 \text{ А}$$

по струму: $I_n \geq I_{рф};$

номінальний струм розчеплювача має бути не менше розрахункового струму :

$$I_{н.р} \geq I_{рф};$$

струм спрацьовування уставки розчеплювача при перевантаженні:

$$I_{с.п} \geq 1,25 \cdot I_{рф} = 1,25 \cdot 2600 = 3250 \text{ А}$$

струм спрацьовування розчеплювача при струмах КЗ :

$$I_{с.о} \geq 1,25 \cdot I_{пик} = 1,25 \cdot 3393 = 4242 \text{ А}$$

Вибираємо автоматичний вимикач типу IZMB2.

Перевірка: $U_{ном} = U_{мер} = 380 \text{ В};$

$$I_n = 3200 > 2600 \text{ А};$$

$$I_{н.р} = 3040 > 2600 \text{ А};$$

$$I_{с.п} = 3496 > 3250 \text{ А};$$

$$I_{с.о} = 5000 > 4242 \text{ А};$$

Умови виконуються.

Уставка часу спрацьовування при струмах короткого замикання – 0,4 с.

Вибір секційного вимикача.

Передбачаючи, що споживачі I категорії розміщені по цеху рівномірно, вибираємо секційний вимикач за умови резервування ним 15 % потужності трансформатора.

$$I_{р.н.} = \frac{0,7 \cdot S_{нт}}{\sqrt{3} \cdot U_{нн}} = \frac{0,7 \cdot 1600}{\sqrt{3} \cdot 0,38} = 1733 \text{ А}$$

Вибираємо вимикач за умовами:

по напрузі: $U_{ном} \geq U_{сети};$

по струму: $I_n \geq I_m;$

номінальний струм розчеплювача має бути більше розрахованого струму:

$$I_{н.р} \geq 1,25 \cdot I_M;$$

струм спрацьовування уставки теплового розчеплювача:

$$I_{с.п} \geq 1,25 \cdot I_M = 1,25 \cdot 1733 = 2167 \text{ А};$$

Визначаємо піковий струм групи електроприймачів:

$$I_{пik} = I_{пуск нб} + I_{р.н.} - K_v \cdot I_{ном нб} = 833,5 + 1733 - 0,24 \cdot 166,7 = 2526 \text{ А}$$

$$I_{с.о} \geq 1,25 \cdot I_{пik} = 1,25 \cdot 2526 = 3158 \text{ А}$$

Вибираємо автоматичний вимикач типу IZMB2.

Перевірка: $I_{н.р} = 2000 > 1733 \text{ А};$

$$I_{с.п} = 3000 > 2167 \text{ А};$$

$$I_{с.о} = 4400 > 3158 \text{ А}.$$

Умова виконується.

Уставка часу спрацьовування при струмах КЗ – 0,3 с.

Розрахунок і вибір магістральних шин

Магістральні шинопроводи розраховуємо за методом упорядкованих діаграм. Результати розрахунків зводимо в табл. 2.3

Таблиця 2.3 – Вибір магістральних та розподільчих шинопроводів.

№ ШМА	1	2
Тип	ШМА4-1600	ШМА4-1600
$I_{доп}, \text{ А}$	1600	1600
$I_{розр.}, \text{ А}$	1598	1597

Проведемо перевірку за втратою напруги.

Параметри ШМА4-1600: $l = 27\text{м}$; $r_0 = 0,030\text{ Ом/км}$; $x_0 = 0,014\text{ Ом/км}$.

$$\Delta U_{\text{ШМА}} = \frac{\sqrt{3} \cdot \sum I_p l \cdot 100}{U_H} \cdot (r_0 \cdot \cos \varphi + x_0 \cdot \sin \varphi) \%;$$

$$\Delta U_{\text{ШМА}} = \frac{\sqrt{3} \cdot 43 \cdot 100}{380} \cdot (0,030 \cdot 0,75 + 0,014 \cdot 0,61) = 0,6\%;$$

$\sum I_p \cdot l = 43\text{ А}$ - сума моментів струмових навантажень шинопроводу.

$\Delta U_{\text{ШМА}} < 5\%$, що задовольняє умові.

Вибираємо вимикач:

$$I_{\text{пik}} = I_{\text{пуск нб}} + I_{\text{розр.}} - K_v \cdot I_{\text{ном нб}} = 833,5 + 1598 - 0,24 \cdot 166,7 = 2391\text{ А}$$

Струм уставки електромагнітного розчіплювача:

$$I_{\text{с.о}} \geq 1,25 \cdot I_{\text{пik}} = 1,25 \cdot 2391 = 2989\text{ А}$$

Вибираємо автоматичний вимикач типа IZM32.

Перевірка: $U_{\text{ном}} = U_{\text{мер}} = 380\text{ В}$;

$$I_H = 1600 > 1598; I_{\text{н.р}} = 1600 > 1598\text{ А};$$

$$I_{\text{с.п}} = 3200 > 1998\text{ А}; I_{\text{с.о}} = 4800 > 2989\text{ А};$$

Умови виконуються.

Розрахунок і вибір розподільчих шин

Розподільчі шинопроводи розраховуємо за методом упорядкованих діаграм.

Дані для вибору ШРА1.1 зведені до табл. 2.6.

Вибираємо ШРА-73-630 з параметрами: $l = 51\text{м}$; $r_0 = 0,1\text{ Ом/км}$; $x_0 = 0,13\text{ Ом/км}$.

Перевіримо за втратою напруги

$$\Delta U_{\text{ШРА}} = \frac{\sqrt{3} \cdot \sum I_p l \cdot 100}{U_H} \cdot (r_0 \cdot \cos \varphi + x_0 \cdot \sin \varphi) \%;$$

$$\Delta U_{\text{ШРА}} = \frac{\sqrt{3} \cdot 19,8 \cdot 100}{380} \cdot (0,1 \cdot 0,7 + 0,13 \cdot 0,72) = 2,02\%;$$

де $\sum I_p \cdot l = 19,8\text{ А}$ - сума моментів струмових навантажень шинопроводу.

$\Delta U_{\text{шма}} < 5\%$, що задовольняє умові.

Вибираємо вимикач:

струм спрацьовування уставки теплового розчіплювача:

$$I_{c.п} \geq 1,25 \cdot I_M = 1,25 \cdot 452 = 565 \text{ A}$$

струм спрацьовування електромагнітного розчіплювача:

$$I_{c.o} \geq 1,25 \cdot I_{\text{нік}} = 1,25 \cdot 1231 = 1539 \text{ A}$$

Вибираємо автоматичний вимикач типа NZMH-3-4.

Перевірка: $U_{\text{ном}} = U_{\text{мер}} = 380 \text{ В};$

$$I_H = 800 > 452;$$

$$I_{c.п} = 830 > 565 \text{ A};$$

$$I_{c.o} = 2400 > 1539 \text{ A};$$

Умови виконуються.

Аналогічно вибираємо ШРА 1.2, 1.3, 1.4, 2.1, 2.2, 2.3, 2.4

Дані про ШРА та вимикачі до них зведені в табл. 2.4

Таблиця 2.4 – Вимикачі ШРА

Тип	ШРА1.1	ШРА1.2	ШРА1.3	ШРА1.4	ШРА2.1	ШРА2.2	ШРА2.3	ШРА2.4	Ввід 0,4 кВ
	ШРА- 73-630	ШРА- 73-400	ШРА- 73-400	ШРА- 73-630	ШРА- 73-400	ШРА- 73-400	ШРА- 73-400	ШРА- 73-630	
$I_{\text{доп}}$	630	400	400	630	400	400	400	630	
$I_{\text{розр}}$	452	388	379	629	380	359	346	612	2600
$I_{\text{пік}}$	1231	850	1158	1408	1158	820	958	1073	3393
АВТО мат	NZMH -3-4	NZMH -3-4	NZMH -3-4	NZMH- 3-4	NZMH- 3-4	NZMH- 3-4	NZMH- 3-4	NZMH- 3-4	IZMB 2
$I_{\text{ном}}$	800	630	630	800	630	630	630	800	3200
$I_{c.\text{тепл}}$	830	508	508	830	508	508	508	830	3496
$I_{c.\text{ем}}$	2400	1890	1890	2400	1890	1890	1890	2400	5000

Вибір перетину провідників і параметрів захисних апаратів.

Розрахуємо перетин провідників і параметри захисних апаратів на прикладі характерних електроприймачів.

1. Верстати з особливо важким режимом роботи : $P_H = 70$ кВт; $U_H = 380$ В; $\cos\varphi = 0,65$.

Розрахунковий струм:

$$I_p = I_M = \frac{P_H}{\sqrt{3}U_H \cos \varphi} = \frac{70}{\sqrt{3} \cdot 0,38 \cdot 0,65} = 166,7 \text{ А};$$

$$I_{\text{пik}} = 5 \cdot I_M = 5 \cdot 166,7 = 833,5 \text{ А}.$$

Вибираємо вимикач:

струм спрацьовування уставки теплового розчеплювача:

$$I_{\text{с.п}} \geq 1,25 \cdot I_M = 1,25 \cdot 166,7 = 208,4 \text{ А}$$

струм спрацьовування електромагнітного розчеплювача :

$$I_{\text{с.о}} \geq 1,25 \cdot I_{\text{пik}} = 1,25 \cdot 833,5 = 1041,9 \text{ А}$$

Вибираємо автоматичний вимикач типу NZMN-2-4.

Перевірка:

$$U_{\text{ном}} = U_{\text{мер}} = 380 \text{ В}; I_H = 250 > 166,7 \text{ А};$$

$$I_{\text{н.р}} = 250 > 166,7 \text{ А}; I_{\text{т.р}} = 250 > 208,4 \text{ А};$$

$$I_{\text{с.п}} = 288 > 208,4 \text{ А}; I_{\text{с.о}} = 1500 > 1042 \text{ А};$$

Умови виконуються.

Вибираємо перетин провідника:

Приймаємо АНРГ 3х120+1х70 з $I_{\text{доп}}=200$ А;

$$I_M \leq k_{\text{п}} I_{\text{доп}},$$

$$I_{\text{доп}} \geq \frac{I_{\text{с.п}}}{1,5} = \frac{288}{1,5} = 192 \text{ А};$$

$k_{\text{п}} = 1$ - кабель прокладений в кабельному лотку по стінах цеху.

$$I_{\text{доп}} = 200 > 192 \text{ А};$$

умова виконується, тому приймаємо кабель АНРГ3х120+1х70 з $I_{\text{доп}}=200$ А.

2. Електротермічне устаткування: $P_H=60$ кВт; $U_H=380$ В; $\cos\varphi=0,95$.

Розрахунковий струм:

$$I_p = I_M = \frac{P_H}{\sqrt{3}U_H \cos \varphi} = \frac{60}{\sqrt{3} \cdot 0,38 \cdot 0,95} = 97,8 \text{ A};$$

$$I_{\text{пик}} = 1 \cdot I_M = 1 \cdot 97,8 = 97,8 \text{ A}.$$

Вибираємо вимикач:

$$I_{\text{с.п}} \geq 1,25 \cdot I_M = 1,25 \cdot 97,8 = 122,25 \text{ A}$$

$$I_{\text{с.о}} \geq 1,25 \cdot I_{\text{пик}} = 1,25 \cdot 97,8 = 122,25 \text{ A}$$

Вибираємо автоматичний вимикач типу NZMN-2-4.

Перевірка: $U_{\text{ном}} = U_{\text{мер}} = 380 \text{ В}; I_H = 125 > 97,8 \text{ A};$

$$I_{\text{н.р}} = 125 > 122,25 \text{ A}; I_{\text{с.п}} = 144 > 122,25 \text{ A};$$

$$I_{\text{с.о}} = 750 > 122,25 \text{ A}.$$

Умови виконуються.

Вибираємо перетин провідника:

Приймаємо АНРГ 3х50+1х25 з $I_{\text{доп}}=110 \text{ A};$

$$I_M \leq k_{\text{п}} I_{\text{доп}},$$

$$I_{\text{доп}} \geq \frac{I_{\text{с.п}}}{1,5} = \frac{144}{1,5} = 96 \text{ A};$$

$k_{\text{п}} = 1$ кабель прокладений в кабельному лотку по стінах цеху.

$$I_{\text{доп}} = 110 > 96 \text{ A};$$

умова виконується, приймаємо кабель АНРГ 3х50+1х25 з $I_{\text{доп}}=110 \text{ A}.$

3.Вентилятор: $P_H = 30 \text{ кВт}; U_H = 380 \text{ В}; \cos \varphi = 0,8.$

Розрахунковий струм:

$$I_p = I_M = \frac{P_H}{\sqrt{3}U_H \cos \varphi} = \frac{30}{\sqrt{3} \cdot 0,38 \cdot 0,8} = 58 \text{ A};$$

$$I_{\text{пик}} = 5 \cdot I_M = 5 \cdot 58 = 290 \text{ A}.$$

Вибираємо вимикач:

$$I_{\text{с.п}} \geq 1,25 \cdot I_M = 1,25 \cdot 58 = 72,5 \text{ A}$$

$$I_{\text{с.о}} \geq 1,25 \cdot I_{\text{пик}} = 1,25 \cdot 290 = 363 \text{ A}$$

Вибираємо автоматичний вимикач типу NZMN-2-4.

Перевірка: $U_{\text{ном}} = U_{\text{мер}} = 380 \text{ В}; I_H = 80 > 58 \text{ A};$

$$I_{н.р} = 80 > 58 \text{ A}; I_{с.п} = 92 > 72,5 \text{ A};$$

$$I_{с.о} = 750 > 290 \text{ A}.$$

Умови виконуються.

Вибираємо перетин провідника:

Приймаємо АНРГ 3х16+1х10 з $I_{доп}=60 \text{ A}$;

$$I_{м} \leq k_{п} I_{доп},$$

$$I_{доп} \geq \frac{I_{с.п}}{1,5} = \frac{92}{1,5} = 59,6 \text{ A};$$

$k_{п} = 1$ кабель прокладений в кабельному лотку по стінах цеху

$$I_{доп} = 60 > 59,6 \text{ A};$$

умова виконується, приймаємо кабель АНРГ 3х16+1х10 з $I_{доп}=60 \text{ A}$.

4.Компресор: $P_{н} = 30 \text{ кВт}$; $U_{н} = 380 \text{ В}$; $\cos \varphi = 0,85$.

Розрахунковий струм:

$$I_{р} = I_{м} = \frac{P_{н}}{\sqrt{3} U_{н} \cos \varphi} = \frac{60}{\sqrt{3} \cdot 0,38 \cdot 0,85} = 109,3 \text{ A};$$

$$I_{пик} = 5 \cdot I_{м} = 5 \cdot 109,3 = 546,4 \text{ A}.$$

Вибираємо вимикач:

$$I_{с.п} \geq 1,25 \cdot I_{м} = 1,25 \cdot 109,3 = 136,6 \text{ A}$$

$$I_{с.о} \geq 1,25 \cdot I_{пик} = 1,25 \cdot 546,4 = 683 \text{ A}$$

Вибираємо автоматичний вимикач типу NZMN-2-4.

Перевірка: $U_{ном} = U_{мер} = 380 \text{ В}$; $I_{н} = 125 > 109,3 \text{ A}$;

$$I_{н.р} = 125 > 109,3 \text{ A}; I_{с.п} = 144 > 136,6 \text{ A};$$

$$I_{с.о} = 750 > 683 \text{ A}.$$

Умови виконуються.

Вибираємо перетин провідника:

$$I_{м} \leq k_{п} I_{доп},$$

$$I_{доп} \geq \frac{I_{с.п}}{1,5} = \frac{144}{1,5} = 96 \text{ A};$$

Приймаємо АНРГ 3х50+1х25 з $I_{доп}=110 \text{ A}$, вважаючи, що кабель прокладений в кабельному лотку по стінах цеху $k_{п} = 1$.

$$I_{\text{доп}} = 110 > 96 \text{ А};$$

умова виконується, приймаємо кабель АНРГ 3х50+1х25 з $I_{\text{доп}}=110 \text{ А}$.

5. Освітлення: $P_{\text{н}} = 0,5 \text{ кВт}$; $U_{\text{н}} = 380 \text{ В}$; $\cos \varphi = 0,6$.

Освітлення отримує живлення від п'яти розподільних щитків типу ОЩВ-12. Кожен щиток має 12 ліній, що відходять, зі встановленими автоматичними вимикачами типу ВА47-29 на номінальний струм 16 А, через яких і живлять освітлювальні прилади.

Розрахунковий струм:

$$I_{\text{р}} = I_{\text{м}} = I_{\text{пik}} = \frac{N \cdot P_{\text{н}}}{\sqrt{3} U_{\text{н}} \cos \varphi} = \frac{12 \cdot 0,5}{\sqrt{3} \cdot 0,38 \cdot 0,6} = 15,2 \text{ А}$$

Вибираємо вимикач:

$$I_{\text{с.п}} \geq 1,25 \cdot I_{\text{м}} = 1,25 \cdot 15,2 = 19 \text{ А}$$

$$I_{\text{с.о}} \geq 1,25 \cdot I_{\text{пik}} = 1,25 \cdot 15,2 = 19 \text{ А}$$

Вибираємо автоматичний вимикач типу NZMN-2-4.

Перевірка: $U_{\text{ном}} = U_{\text{мер}} = 380 \text{ В}$; $I_{\text{н}} = 20 > 15,2 \text{ А}$;

$$I_{\text{н.р}} = 20 > 15,2 \text{ А}; I_{\text{с.п}} = 23 > 19 \text{ А};$$

$$I_{\text{с.о}} = 350 > 19 \text{ А}.$$

Умови виконуються.

Вибираємо перетин провідника:

$$I_{\text{м}} \leq k_{\text{п}} I_{\text{доп}},$$

$$I_{\text{доп}} \geq \frac{I_{\text{с.п}}}{1,5} = \frac{23}{1,5} = 15 \text{ А};$$

Приймаємо АНРГ 3х2,5+1х2,5 з $I_{\text{доп}}=19 \text{ А}$.

$$I_{\text{доп}} = 19 > 15 \text{ А};$$

Умова виконується, приймаємо кабель АНРГ 3х2,5+1х2,5 з $I_{\text{доп}}=19 \text{ А}$.

Інші автомати та кабелі приймаємо аналогічно.

Данні по вибраним кабелям та вимикачам приводимо в табл. 2.8.

6. Вибір тролейних ліній

В кранових установках одночасно можуть працювати лише два

механізми – двигуни підйому і переміщення. Визначаємо номінальний і піковий струми найпотужніших двигунів, приведений до ТВ=100%:

$$I_{н.під} = \frac{P_{н} \cdot \sqrt{ПВ}}{\sqrt{3} \cdot U_{н} \cdot \cos\varphi} = \frac{30 \cdot \sqrt{0,25}}{\sqrt{3} \cdot 0,38 \cdot 0,5} = 46,44 \text{ A};$$

$$I_{н.пер} = \frac{P_{н} \cdot \sqrt{ПВ}}{\sqrt{3} \cdot U_{н} \cdot \cos\varphi} = \frac{15 \cdot \sqrt{0,25}}{\sqrt{3} \cdot 0,38 \cdot 0,5} = 22,8 \text{ A};$$

$$I_{пik.под} = K_{п} \cdot I_{н.под} = 5 \cdot 46,44 = 232,2 \text{ A};$$

$$I_{пik.пер} = K_{п} \cdot I_{н.пер} = 5 \cdot 22,8 = 114 \text{ A}.$$

Розрахунковий струм приймається рівним сумі номінальних струмів окремих приймачів (двигунів підйому та переміщення):

$$I_{м} = \sum I_{н.i} = 46,44 + 22,8 = 69,24 \text{ A}.$$

Піковий струм двигунів:

$$I_{пik} = I_{пik.max} + I_{м} - K_{в} \cdot I_{н.max} = 232,2 + 69,2 - 0,05 \cdot 46,44 = 299 \text{ A}$$

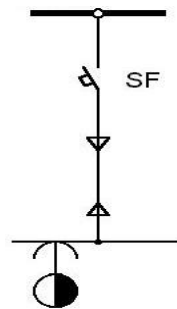


Рис. 2.1 Схема живлення крана

Приймаємо тролі виконані токопроводами з прямокутної сталі розміром 60x5, які прокладено в одній площині відстань між ними = 25 см. Допустимий тривалий струм складає 192 А, що більше розрахункового струму.

Перевіряємо тролейні лінії на втрату напруги при проходженні по ним пікового струму. Втрата напруги визначається формулою:

$$\Delta U = \Delta e \cdot I_{пik} \cdot l / 10000, \%;$$

де $\Delta e=10,2\%/м$ – питома втрата напруги; l – довжина тролей, м.

$$\Delta U = 10,2 \cdot 299 \cdot 0,5 \cdot 12 / 10000 = 1,83 \%,$$

Допустима втрата напруги на окремих ділянках мереж кранів змінного струму приймається для постачальної лінії - 5%, тролейної - 10%.

Вибираємо вимикач:

$$I_{c.п} \geq 1,25 \cdot I_M = 1,25 \cdot 69,2 = 86,6 \text{ A}$$

$$I_{c.o} \geq 1,25 \cdot I_{пик} = 1,25 \cdot 299 = 374 \text{ A}$$

Вибираємо автоматичний вимикач типу NZMN-2-4.

Перевірка: $U_{ном} = U_{мер} = 380 \text{ В}; I_H = 100 > 69,2 \text{ A};$

$$I_{H.p} = 100 > 86,6 \text{ A}; I_{c.п} = 115 > 86,6 \text{ A};$$

$$I_{c.o} = 1000 > 374 \text{ A}.$$

Умови виконуються.

Вибір перетину живлячої лінії:

Приймаємо АНРГ $3 \times 35 + 1 \times 25$ з $I_{доп} = 90 \text{ A};$

$$I_M \leq k_{п} I_{доп},$$

$$I_{доп} \geq \frac{I_{c.п}}{1,5} = \frac{115}{1,5} = 77 \text{ A};$$

$$I_{доп} = 90 > 77 \text{ A};$$

Умова виконується, тому приймаємо АНРГ $3 \times 35 + 1 \times 25$ з $I_{доп} = 90 \text{ A};$
 $r_0 = 0,894 \text{ Ом/км}; x_0 = 0,088 \text{ Ом/км}.$ Довжина кабеля $l = 4 \text{ м}.$ Кабель прокладається відкрито по колонам.

Втрати напруги живлячої лінії:

$$\begin{aligned} \Delta U_{ж.л.} &= \frac{\sqrt{3} \cdot I_{пик} \cdot l \cdot 100}{U_H} (r_0 \cdot \cos \varphi + x_0 \cdot \sin \varphi) = \\ &= \frac{\sqrt{3} \cdot 182,9 \cdot 0,004 \cdot 100}{380} (0,894 \cdot 0,5 + 0,088 \cdot 0,866) = 0,79 \%, \end{aligned}$$

Що менше 5%.

Таблиця 2.5 – Вибір тролей

Кран	$\Delta U, \%$	$\Delta U_{ж.л}, \%$	$I_{ном}, A$	$i_{пуск}, A$	Тип тролєї	$I_{доп}, A$
20 т	1,83	0,38	69,24	299	60x5	192
20 т	1,83	0,56	69,24	299	60x5	192
5 т	0,79	0,12	21,67	64,21	60x5	192
5 т	0,59	0,08	21,67	64,21	60x5	192

В проєкті електропостачання було замінено всі автоматичні вимикачі застарілих типів (ВА, АЕ, Е) на вимикачі компанії Moeller серій IZM, NZM.

Силові вимикачі IZM

IZM являє собою концепцію силових вимикачів для застосування в діапазоні високих значень номінального струму від 630 А. Силові вимикачі IZM можуть блокуватися в положенні "вимкнено". Тим самим вони можуть використовуватися в якості пристроїв роз'єднання мережі. Силові вимикачі IZM виробляються і випробовуються відповідно до стандарту IEC / EN 60947.

Завдяки різним налаштуванням електронного розчеплювача, автоматичні вимикачі IZM можна застосовувати для захисту наступного обладнання:

- захист установок,
- захист двигунів,
- захист трансформаторів,
- захист генераторів.

IZM пропонують різні варіанти електроніки від простого захисту установок з розчеплювачами перевантаження і короткого замикання до цифрових розчеплювачів з графічним дисплеєм і можливістю побудови мереж з селективністю.

Можливість адаптації під універсальні вимоги завдяки вбудовуваному приладдю, такому як допоміжні контакти, сигналізатори спрацьовування, рухові приводи або розчеплювачі напруги, вимикачі в стаціонарному або висувному варіантах монтажу, забезпечує широкі можливості застосування.

Силові вимикачі IZM відкривають нові можливості енергорозподілення завдяки функції зв'язку. Вони дозволяють передавати, збирати та аналізувати дані, аж до профілактичного техобслуговування. Тим самим підвищується "відкритість" установки. Завдяки швидкому втручання в процес можливо, приміром, скоротити або навіть уникнути виходу з ладу обладнання.

Силові вимикачі NZM

Вимикачі захищають електричне обладнання від термічного перевантаження і в разі короткого замикання. Вони розраховані на діапазон номінального струму від 20 до 1600 А.

В залежності від виконання в них передбачені додаткові захисні функції, такі як захист від струмів витоку (диференційний захист), захист від замикання на землю або можливість енергоуправління шляхом визначення піків навантаження і цілеспрямованого скидання навантаження.

Силові вимикачі NZM характеризуються компактним конструктивним виконанням і струмообмежувальними властивостями.

Силові вимикачі та силові роз'єднувачі NZM виробляються і випробовуються відповідно до вимог EC / EN 60947.

Вони мають характеристики роз'єднувачів. У поєднанні з блокуючим пристроєм вони придатні для використання в якості головних вимикачів згідно IEC / EN 60204/VDE 0113, частини 1.

Електронні розчіплювачі типорозмірів NZM2, NZM3 і NZM4 мають можливість зв'язку (обміну даними).

2.3 Методи і засоби регулювання напруги в мережах

Найбільш економічна робота споживачів електричної енергії має місце при оптимальній (номінальній) або близькій до неї напрузі. Будь-яке відхилення напруги від номінальної (оптимальної) завдає збитків споживачам. Забезпечення необхідної напруги у споживачів є одним із важливих завдань. Але підтримувати напругу у споживача незмінною і такою, щоб дорівнювала

номінальному значенню, практично неможливо без використання спеціальних пристроїв або установок.

Відхилення напруги у будь-якій точці мережі характеризує стан напруги в цій точці. Величина відхилення визначається параметрами електричної мережі та засобами регулювання напруги у неї, режимами навантаження ділянок мережі та режимом напруги генераторів. Для забезпечення допустимого режиму напруги у споживачів встановлюють гранично допустимі відхилення напруги. Для підтримання належного режиму в електричних системах здійснюється зустрічне регулювання напруги за допомогою генераторів електричних станцій та трансформаторів районних підстанцій, коли значення напруги на шинах розподільних пристроїв передбачливо змінюється залежно від навантажень електричних мереж. За цим методом у період найбільших навантажень напруга на шинах електричних станцій та районних підстанцій підтримується вище номінальної (до 5%), інколи до 10%, якщо це допустимо при роботі обладнання електростанції. В період найменших навантажень при зустрічному регулюванні напругу зменшують. При навантаженні меншому 30%, приймають номінальне значення напруги.

Граничне відхилення напруги у споживачів називають технічно допустимим. Для електричних мереж дуже часто вживають термін "сумарне відхилення напруги у споживача". Ця величина, як правило, складається з відхилень напруги, що мають місце при даному режимі, починаючи з джерела електричної енергії та закінчуючи технічно допустимим відхиленням у споживача з урахуванням добавок напруги, що зумовлені використанням регулюючих пристроїв у мережах, тобто $V = V_{дж} - \sum \Delta U_* + \sum E$, де $V_{дж}$ – відхилення напруги на шинах розподільних пристроїв джерела енергії; $\sum \Delta U_*$ - сумарна відносна втрата напруги в електричних мережах від джерела до точки приєднання споживача; $\sum E$ - сума добавок напруги за рахунок регулюючої спроможності трансформаторів та інших регулюючих пристроїв.

У сучасних електричних мережах, що характеризуються багатоступеневою трансформацією та значною протяжністю ліній електропередачі, сума втрат напруги на шляху енергії від джерела до споживачів велика. Змінення навантаження від найбільших значень до найменших призводить до зміни втрат напруги. Внаслідок цього на затискачах споживачів напруга змінюється в межах, що перевищують граничні.

Напруга мережі постійно змінюється відповідно до зміни навантаження, режиму роботи джерела живлення, опору мережі. Відхилення напруги не завжди знаходиться в межах граничних значень. Причини цього: а) втрати напруги через проходження навантаження по опорах обладнання мережі; б) неправильно вибрані переріз проводів (жил кабелів), потужності трансформаторів; схеми мережі тощо. Тому відхилення напруги виходять за граничні межі. Це дозволяє стверджувати про низьку якість напруги. Крім того, низька якість напруги зумовлена тим, що відхилення напруги в режимі найбільших навантажень за абсолютною величиною значно більше відхилення напруги в режимі найменших навантажень.

За зазначених умов виникає потреба в регулюванні напруги забезпечення бажаного режиму напруги у споживача. Під регулюванням напруги розуміють зміну параметрів системи (струму збудження генераторів, коефіцієнта трансформації, втрат напруг, застосування компенсуючих устаткувань тощо). Регулювання може виконуватись автоматично за заданим законом.

Зараз використовують два методи регулювання напруги. Кожний з методів відрізняється один від одного впливом на розмах відхилення .

$$V_{\text{відх}} = |V_{\text{нб}}| + |V_{\text{нм}}|.$$

Згідно з першим методом величину розмаху відхилення не змінюють; а забезпечують рівні значення (по абсолютній величині) відхилення напруги для режиму найбільших та найменших навантажень, тобто

$$|V_{\text{нб}}| = |V_{\text{нм}}|.$$

Це можливо, якщо забезпечити співпадання величин $U_{\text{ср}}$ та $U_{\text{н}}$. Це досягається за рахунок регулювання напруги збудження генераторів або в центрах живлення (якщо це можливо, за режимом напруги інших споживачів).

Ідея першого методу регулювання напруги полягає у використанні інтегральної характеристики збитків від низької якості напруги. За такою характеристикою приймають, що при додатному відхиленні напруги у споживача накопичуються позитивні результати, а при від'ємних відхиленнях мають місце збитки. Оскільки приймається, що тривалість додатних та від'ємних відхилень однакова, то позитивні результати при додатному відхиленні компенсують від'ємні результати (збитки) при від'ємних відхиленнях. Таке теоретичне обґрунтування має досить вагомий заперечення, але такий метод ще використовують у мережах за допомогою трансформаторів з перемиканням без напруги (ПБН).

Другий метод регулювання напруги базується на зменшенні величини розмаху відхилень напруги. Причому зменшення робиться таким чином, щоб середня величина $U_{\text{ср}}$ співпала з $U_{\text{н}}$, а відхилення напруги $V_{\text{нб}}$ і $V_{\text{нм}}$ були б рівними за абсолютною величиною та близькими до нуля. Досягнути такого досить тяжко через цілий ряд технічних причин (зона нечутливості, запізнення спрацювання пристроїв, витримка часу тощо). Реалізація другого методу досягається за допомогою трансформаторів з регулюванням напруги під навантаженням (РПН), компенсуючих та інших устаткувань.

Результати з покращення якості напруги при застосуванні вказаних методів різні. Якщо при застосуванні першого методу маємо деяке покращення показників, то з другого - значне покращення якості напруги, коли її значення підтримується практично постійним на високому рівні. Однак витрати на такі регулювання різні. Якщо додаткові грошові витрати у трансформаторів з ПБН на влаштування додаткових виводів незначні, то у трансформаторів з РПН - чималі. Значні витрати і на застосування компенсуючих устаткувань для регулювання напруги. Тому вибір методу регулювання напруги та засобів його реалізації необхідно здійснювати за

результатами техніко-економічних розрахунків. У той же час необхідно зауважити, що, враховуючи важливість забезпечення якості напруги, електротехнічна промисловість розширює діапазон номінальних потужностей трансформаторів з РПН.

У трансформаторів з ПБН регулюючі відгалуження має обмотка високої напруги. Зумовлено це тим, що значення струму на високій стороні значно менші, ніж на низькій. Менші значення струму значно поліпшують роботу перемикальних засобів.

Трансформатори з ПБН мають на стороні високої напруги одне головне і чотири допоміжних відгалужень. Кожне допоміжне відгалуження змінює коефіцієнт трансформації на $\pm 2,5\%$.

Таблиця 2.6 – Дані трансформаторів з ПБН

Відгалуження на обмотці високої напруги, %	Напруга на стороні обмотки низької напруги при холостому ході, відн.од.	Добавка напруги, %
+5	1	0
+2,5	1,025	+2,5
0	1,05	+5
-2,5	1,075	+7,5
-5	1,1	+10

Змінюючи відгалуження, ми змінюємо коефіцієнт трансформації трансформатора. На цьому засновані усі способи регулювання напруги за допомогою трансформаторів.

Для перемикання відгалуження у трансформаторів з ПБН потрібно трансформатор відключити від напруги. Такі перемикання виконуються рідко, при сезонній зміні навантажень (зима - літо). Змінення напруги протягом доби такими трансформаторами не спостерігаються.

2.4 Визначення відхилення напруги

Розглядаємо ділянку цехової мережі до найбільш віддаленого найпотужнішого електроприймача цеху (верстата з особливо важким режимом роботи з $P_{\text{ном}} = 70$ кВт). Схема для визначення відхилення напруги представлена на рис. 1.

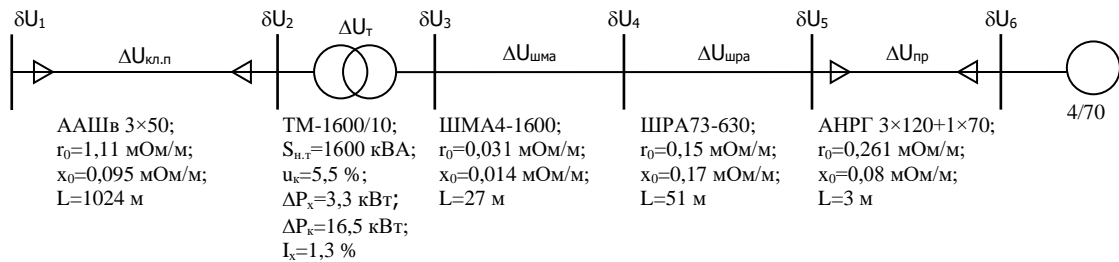


Рис. 2.2. Розрахункова схема для визначення відхилення напруги у електроприймачів

Розглянемо два найбільш характерних режиму: режим максимальних навантажень і режим мінімальних навантажень. Приймаємо, що в першому випадку навантаження цеху дорівнює максимальному розрахунковому навантаженню $S_{\text{м}}$, у другому випадку - середньозмінному навантаженню $S_{\text{зм}}$.

Режим максимальних навантажень

У режимі максимальних навантажень допускається підвищення напруги джерела живлення до 5% від номінального. Приймаються значення відхилення напруги біля джерела $\delta U_1 = 2,5$ %.

Визначаємо втрати напруги в кабелі, що живить КТП:

$$\Delta U_{\text{кл.л}} = \frac{P_{\text{м}} r_0 + Q_{\text{м}} x_0}{U_{\text{н}}^2 \cdot 10} \cdot l = \frac{1646 \cdot 1,11 + 1309 \cdot 0,095}{10^2 \cdot 10} \cdot 1,024 = 2 \%$$

Відхилення напруги на первинних затискачах трансформатора:

$$\delta U_2 = \delta U_1 - \Delta U_{\text{кл.л}} = 2,5 - 2 = 0,5 \%$$

Визначаємо втрати напруги в трансформаторі:

$$\Delta U_{\text{т}} = \beta (u_a \cos \varphi + u_p \sin \varphi) + \frac{\beta}{200} (u_a \sin \varphi + u_p \cos \varphi)^2$$

де β - фактичний коефіцієнт завантаження трансформатора в розглянутому режимі; u_a , u_p - активна і реактивна складові напруги короткого замикання, %.

$$u_a = \frac{\Delta P_{\kappa}}{S_{н.т}} \cdot 100 = \frac{16,5}{1600} \cdot 100 = 1,03 \% ;$$

$$u_p = \sqrt{u_{\kappa}^2 - u_a^2} = \sqrt{5,5^2 - 1,03^2} = 5,4 \% ;$$

$$\Delta U_m = 0,65 \cdot (1,03 \cdot 0,99 + 5,4 \cdot 0,16) + \frac{0,65}{200} \cdot (1,03 \cdot 0,16 + 5,4 \cdot 0,99)^2 = 1,35 \%$$

Визначаємо добавку напруги, яку повинен забезпечити трансформатор:

$$E_{m\max} = \delta U_{3\text{доп}} - \delta U_2 + \Delta U_m = 5 - 0,5 + 1,35 = 5,85\% ,$$

де $\delta U_{3\text{доп}} = 5\%$ – дозволене з урахуванням вимог усіх електроприймачів відхилення напруги на стороні нижчої напруги трансформатора.

Приймаються значення добавки напруги $E_T = 5\%$. В цьому випадку відхилення напруги на вторинних затискачах трансформатора дорівнює:

$$\delta U_3 = \delta U_2 - \Delta U_m + E_m = 0,5 - 1,35 + 5 = 4,15\%$$

Визначаємо втрати напруги в елементах цехової мережі.

Для магістрального і радіального шинопровода значення ΔU визначені раніше (див. п. 2.2) і становлять:

$$\Delta U_{шма} = 0,6 \% ; \quad \Delta U_{шра} = 2,02 \% .$$

Втрати напруги в кабелі, що живить електроприймач, дорівнюють:

$$\Delta U_{np} = \frac{\sqrt{3} I_m l \cdot 100}{U_n} (r_0 \cos \varphi + x_0 \sin \varphi) = \frac{\sqrt{3} \cdot 166,7 \cdot 0,003 \cdot 100}{380} (0,261 \cdot 0,65 + 0,08 \cdot 0,76) = 0,05 \%$$

Визначаємо значення відхилення напруги в інших точках мережі:

$$\delta U_4 = \delta U_3 - \Delta U_{шма} = 4,15 - 0,6 = 3,55 \% ;$$

$$\delta U_5 = \delta U_4 - \Delta U_{шра} = 3,55 - 2,02 = 1,53 \% ;$$

$$\delta U_6 = \delta U_5 - \Delta U_{np} = 1,53 - 0,05 = 1,48\% < 5 \% .$$

Отже в режимі максимальних навантажень відхилення напруги на затискачах споживача не перевищує допустимого.

Режим мінімальних навантажень

У режимі мінімальних навантажень приймаємо значення відхилення напруги біля джерела $\delta U_1 = 0$. Розрахунок виконуємо так само, як і в режимі максимальних навантажень.

$$E_{m \min} = \delta U_{3 \text{ доп}} - \delta U_2 + \Delta U_m = 0 - (-1,84) + 1,04 = 2,88\%$$

$$E_{m \text{ ср}} = \frac{E_{m \max} + E_{m \min}}{2} = \frac{5,85 + 2,88}{2} = 4,4\%$$

Результати наведені в табл. 2.7

Таблиця 2.7 - Результати розрахунку відхилень напруги в цеховій мережі.

δU_1 , %	$\Delta U_{\text{кл,л}}$, %	δU_2 , %	$\Delta U_{\text{т}}$, %	$E_{\text{т}}$, %	δU_3 , %	$\Delta U_{\text{шма}}$, %	δU_4 , %	$\Delta U_{\text{шпра}}$, %	δU_5 , %	$\Delta U_{\text{пр}}$, %	δU_6 , %
2,5	2	0,5	1,35	5	4,15	0,6	3,55	2,02	1,53	0,05	1,48
0	1,84	-1,84	1,04	5	2,12	0,55	1,57	1,61	-0,04	0,05	-0,09

Остаточно приймаємо добавку напруги трансформатора 5%, що реалізується на відгалуженні 0%.

За результатами розрахунку будуємо графіки відхилень напруги в максимальному (крива 1) і мінімальному (крива 2) режимах.

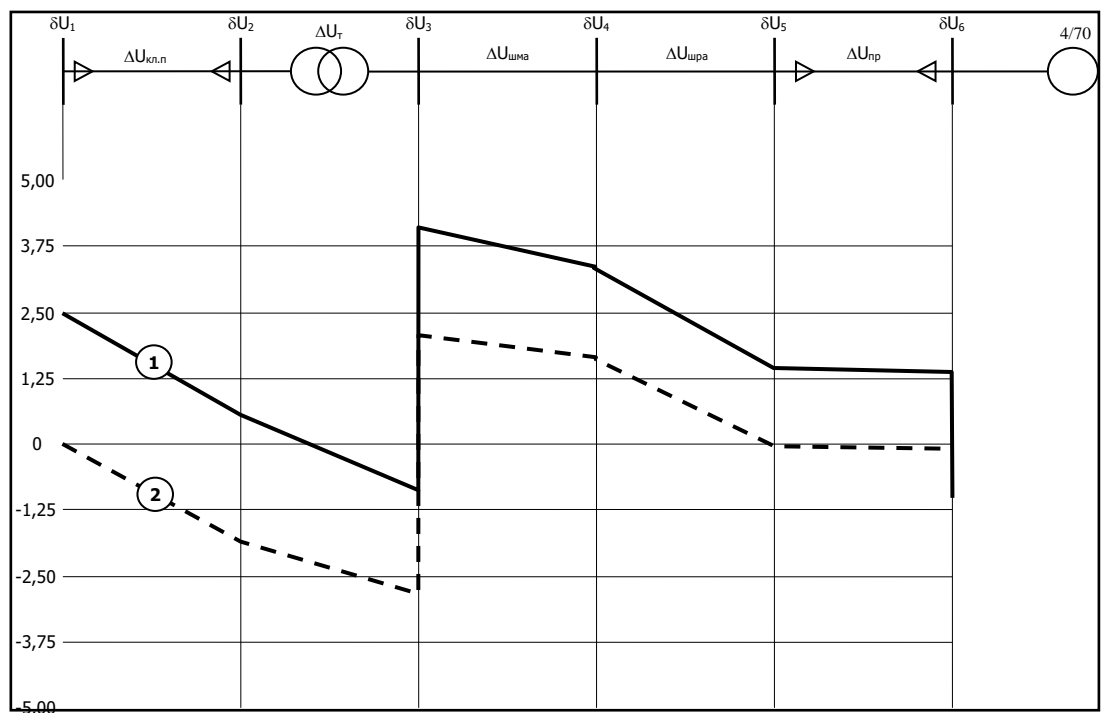


Рис. 2.3. Графік відхилення напруги на ділянках мережі

2.5. Визначення місця приєднання конденсаторних установок

Конденсаторна установка №1 ($Q_{\text{ок}} = 100 \text{ квар}$):

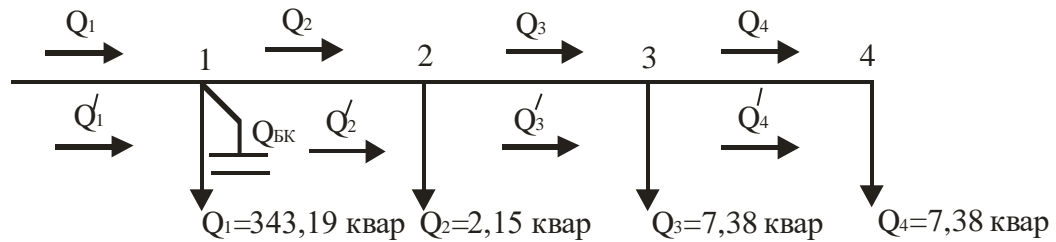


Рис.2.4. Схема приєднання конденсаторної установки №1

$$Q_4 = 7,38 \text{ квар};$$

$$Q_3 = 14,76 \text{ квар};$$

$$Q_2 = 16,91 \text{ квар};$$

$$Q_1 = 360,1 \text{ квар};$$

$$\frac{Q_{\text{ок}}}{2} = \frac{100}{2} = 50 \text{ квар}.$$

Визначаємо місце приєднання конденсаторної установки потужність 100 квар по умові:

$$Q_i \geq \frac{Q_{\text{ок}}}{2} \geq Q_{i+1}$$

вузол №4: $7,38 \leq 50 \geq 0$; – умова не виконується;

вузол №3: $14,76 \leq 50 \geq 7,38$; – умова не виконується;

вузол №2: $16,91 \leq 50 \geq 14,76$; – умова не виконується;

вузол №1: $360,1 \geq 50 \geq 16,91$; – умова виконується.

Отже, приєднуємо конденсаторну установку у вузол №1.

Визначаємо розподіл потужностей після приєднання конденсаторної установки:

$$Q'_4 = 7,38 \text{ квар};$$

$$Q'_3 = Q_3 + Q_4 = 7,38 + 7,38 = 14,76 \text{ квар};$$

$$Q'_2 = Q'_3 + Q_2 = 14,76 + 2,15 = 16,91 \text{ квар};$$

$$Q'_1 = Q'_2 + Q_1 - Q_{\text{БК}} = 16,91 + 353,19 - 100 = 260,1 \text{ квар};$$

Конденсаторна установка №2 ($Q_{\text{ок}} = 100 \text{ квар}$):

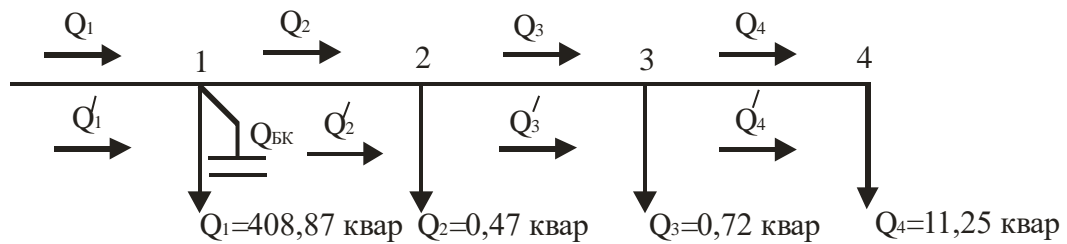


Рис.2.5. Схема приєднання конденсаторної установки №2

$$Q_4 = 11,25 \text{квар};$$

$$Q_3 = 11,97 \text{квар};$$

$$Q_2 = 12,44 \text{квар};$$

$$Q_1 = 421,31 \text{квар};$$

$$\frac{Q_{\text{БК}}}{2} = \frac{100}{2} = 50 \text{квар}.$$

Визначаємо місце приєднання конденсаторної установки потужність 100 квар по умові:

$$Q_i \geq \frac{Q_{\text{БК}}}{2} \geq Q_{i+1}$$

вузол №4: $11,25 \leq 50 \geq 0$; - умова не виконується;

вузол №3: $11,97 \leq 50 \geq 11,25$; - умова не виконується;

вузол №2: $12,44 \leq 50 \geq 11,97$; - умова не виконується;

вузол №1: $421,31 \geq 50 \geq 12,44$; - умова виконується;

Отже, приєднуємо конденсаторну установку у вузол №1.

Визначаємо розподіл потужностей після приєднання конденсаторної установки:

$$Q_4' = 11,25 \text{квар};$$

$$Q_3' = Q_4' + Q_3 = 11,25 + 0,72 = 11,97 \text{квар};$$

$$Q_2' = Q_3' + Q_2 = 11,97 + 0,47 = 12,44 \text{квар};$$

$$Q_1' = Q_2' + Q_1 - Q_{\text{БК}} = 12,44 + 408,87 - 100 = 321,31 \text{квар};$$

2.6. Інтелектуальний регулятор реактивної потужності

Технічний прогрес у мікропроцесорній техніці відкрив необмежені можливості у технології створення функціонально розширеного обладнання. Одним з таких пристроїв, в якому використані новітні технології, являється регулятор реактивної потужності. Використання мікропроцесора для спостереження та керування всіма процесами, які проходять у мережі, обробки даних, керування і візуалізації робить сучасний регулятор реактивної потужності настільки ефективним, що приносить фірмам відчутну фінансову вигоду.

Суть проблеми

Головним елементом конденсаторних установок являється регулятор реактивної потужності. Від правильності та надійності його роботи буде залежати, чи виконає свою задачу у системі електроживлення конденсаторна установка, яка являється дорогим обладнанням по відношенню до ціни регулятора. Результативність компенсації реактивної потужності можна розглядати у двох аспектах: технічному та економічному. Ці аспекти обидва важливі для підприємства. Проблема полягає у тому, що на перший погляд, вони можуть себе взаємно виключати.

Недостатньо кваліфіковані спеціалісти, користуючись тим, що електропостачальне підприємство не встановило у вимірювально-розрахунковій системі підприємства лічильник реактивної енергії, використовують «калькуляторну» методику для компенсації реактивної потужності. Методика заснована на вмиканні в систему електроживлення підприємства конденсаторної установки постійно, або на певні проміжки часу, розраховані на калькуляторі. Економічна сторона цього «рішення» являється дуже добра. Періодично розрахунковий «економічний» параметр $\cos\phi$ буде витриманий, і як наслідок – фірма не заплатить електропостачальному підприємству ні однієї гривні у вигляді штрафу за недотримання величини $\cos\phi$, обумовленого у двосторонньому договорі.

Вище вказаний метод не має нічого спільного з раціональним і технічно правильним проведенням компенсації реактивної потужності. Не являється він також обґрунтованим і з економічної точки зору. Некваліфікований спеціаліст забуває про те, що постійно ввімкнені конденсатори в певні моменти при змінному

індуктивному навантаженні (наприклад, відключення обладнання на обідню перерву) призведуть до найбільш шкідливого для системи електроживлення стану – перекомпенсації в мережі. Це потенційно може призвести до тяжких аварій. При перекомпенсації підвищується напруга в мережі, що може викликати, пошкодження усіх чутливих до виміру напруги приладів. Явним симптомом росту напруги являється масове перегорання лампочок і джерела живлення в системах керування обладнанням, які постійно виходять з ладу. Необхідно також пам'ятати, що зміна характеру мережі живлення з індуктивного на ємнісний проходить через стан, коли $\cos\varphi=1$. цей стан викликає процеси самозбудження деяких двигунів, що може призвести не тільки до великих економічних втрат, але і стати причиною нещасних випадків.

Багаторічний досвід свідчить, що «калькуляторний» метод компенсації реактивної потужності дає тільки видиму економію і не має нічого спільного з головною задачею використання компенсації в системах електропостачання, – з оптимізацією втрат, які виникають при протіканні через систему як некомпенсованої індуктивної, так і ємнісної потужності. Крім того, електропостачальне підприємство, яке останнім часом все суворіше охороняють свої інтереси, в будь-який момент можуть встановити так званий третій лічильник, який безперервно розраховує споживану реактивну енергію, при цьому калькулятор необхідно буде заховати в ящик. Висновок один – для того, щоб оптимізувати затрати, як в економічному, так і в технічному аспектах, необхідно використовувати автоматичну групову компенсацію або, в окремих випадках, застосовувати індивідуальну компенсацію. Автоматична групової компенсація – це відповідно підібрана до потреб і умов роботи конденсаторна установка з мікропроцесорним регулятором реактивної потужності.

2.7. Регулятор реактивної потужності Новар-114 КМБ-системс (Novar-114 KMB-systems 14 ступенів)

Регулятор реактивної потужності Новар-114 КМБ-системс (Novar-114 KMB-systems 14 ступенів) повністю автоматичний прилад, що дозволяє оптимізувати управління компенсацією реактивної потужності. Прилад має точні вимірювальні

контури напруги і струму та цифрову обробку вимірюваних величин, чим досягається висока точність визначення дійсних значень як струму, так і косинуса.

Відмінні особливості регулятора реактивної потужності Новар-114 КМБ-системс (Novar-114 KMB-systems 14 ступенів).

Принцип вимірювань Регулятора реактивної потужності Новар-114 КМБ-системс (Novar-114 KMB-systems 14 ступенів):

- висока точність вимірювань струму і косинуса досягнута застосуванням мікропроцесорної цифрової обробки сигналів за алгоритмом FFT;
- висока точність вимірювань і регулювання забезпечується і в умовах спотворення струму і напруги вищими гармоніками
- обчислення коефіцієнта гармонійних спотворень (THD) токового сигналу на основі обчислення гармонік до 19 порядку і можливість індикації гармонік до 17 порядку. (3.; 5.; 7.; 11.; 13.; 17.)

Принцип регулювання регулятора реактивної потужності Novar-114 KMB-systems (Novar-114 KMB-systems 14 ступенів):

- час реакції регулятора реактивної потужності Новар-114 КМБ-системс (Novar-114 KMB-systems 14 ступенів) окремо програмується для випадку перекомпенсації і недокомпенсації;
- встановлений час реакції скорочується пропорційно квадрату відносини помилки регулювання до величини найменшої ступені (C/k), помилка регулювання що наростає може скоротити час реакції максимально до 5 сек;
- якщо помилка регулювання менше, ніж струм найменшого конденсатора, (C/k) встановлений час реакції збільшується в два рази. При подальшому зменшенні помилки регулювання до величини меншої, ніж $1/2$ струму найменшого конденсатора, що регулює вплив не проводиться;

Клеми живлячої напруги 230 V є одночасно і входом вимірювального напруги. Струмовий вимірювальний вхід є універсальним для вторинного струму трансформаторів струму на 5A і 1A, при цьому сигнал струму може братися з будь фази.

Регулятор реактивної потужності Новара-114 КМБ-системс (Novar-114 KMB-systems 14 ступенів) обчислює величину першої гармонійної складової активного і реактивного струму алгоритмом FFT. Цим досягається висока точність вимірювання та регулювання й в умовах спотворень токового сигналу вищими гармоніками.

Регулювання здійснюється у всіх чотирьох квадрантах і його швидкість залежить як від помилки регулювання, так і від її полярності (перекомпенсовано / недокомпенсовано).

Підключення та відключення конденсаторів проводиться так, щоб оптимальний стан компенсації було досягнуто одним регулюючим впливом і мінімальною кількістю перемикаються ступенів. При цьому прилад вибирає окремі ступені з урахуванням їх рівномірного завантаження і спочатку підключить ступінь, яка була відключена раніше всього і її залишковий заряд мінімальний.

Під час регулювання регулятора реактивної потужності Новара-114 КМБ-системс (Novar-114 KMB-systems 14 ступенів) проводить поточний контроль компенсуючих ступенів. При виявленні різкої відмінності вимірюваного струму ступені в порівнянні з налаштованою величиною ступені, дана щабель тимчасово виключається з процесу регулювання (при відповідному налаштуванні параметрів). Тимчасово виключена ступінь періодично тестується і може бути назад введена в процес регулювання.

При вимірюванні струму обчислюються значення гармонійних складових до 19-ї. З цих величин обчислюється коефіцієнт нелінійних спотворень струму (THD), який можна побачити на дисплеї. Можна встановити допустимий рівень спотворень, при перевищенні якого регулятора реактивної потужності Новара-114 КМБ-системс (Novar-114 KMB-systems 14 ступенів) відключить всі компенсуючі ступені й тим самим запобігти їх пошкодження. Крім того, найгірші величини коефіцієнта нелінійних спотворень струму (THD), окремих гармонік, і найменше значення косинуса в мережі записуються в пам'яті для подальшого аналізу.

Перевагою регулятора реактивної потужності Новара-114 КМБ-системс (Novar-114 KMB-systems 14 ступенів) є повністю автоматизована інсталяція. Регулятор реактивної потужності Новар114 КМБ-системс (Novar-114 KMB-systems 14 ступенів) автоматично визначить як спосіб підключення струмового сигналу, так і

величину окремих підключених конденсаторів. Ручне завдання даних параметрів також можливо.

Релейний вихід "Alarm" можна встановити на сигналізацію аварійних станів.

Регулятор реактивної потужності Новара-114 КМБ-системс (Novar-114 КМБ-systems 14 ступенів) можна замовити в розширеному виконанні з гальванічно розділеним цифровим інтерфейсом типу RS-232 або RS-485. У комплексі з віддаленим комп'ютером можна дистанційно спостерігати всі виміряні величини і змінювати параметри регулятора.

Режими роботи регулятора реактивної потужності Новар-114 КМБ-системс (Novar-114 КМБ-systems 14 ступенів)

Виділяють три режими роботи регулятора: косинусний, потужністний і змішаний. При косинусному режимі параметром, у відповідності з яким проводиться процес компенсації являється $\cos\phi$. При потужністному – параметром являється величина реактивно потужності, яка підлягає компенсації. У змішаному режимі використовуються переваги обох вказаних методів і компенсація здійснюється у відповідності з двома параметрами одночасно.

Косинусний режим використовується, коли протягом основного часу регулювання маємо малі значення виміряного струму і малі значення потужності, що змінюється для компенсації, тобто малі потужності конденсатора на першому рівні. Регулятор буде підключати цей конденсатор навіть тоді, коли величина реактивної потужності в системі по відношенню до активної потужності буде мала.

Другий режим роботи використовується, коли струм який тече в системі і приріст реактивної потужності протягом тривалого періоду регулювання має великі величини. В цьому режимі можна швидко отримати компенсацію при великих величинах реактивної потужності.

При наявності у системі живлення різних величин приросту потужності, якщо є установка, де регулювальний ряд конденсаторів зростає послідовно в 2:4:8 разів і т.д., а також маючи в договорі високий коефіцієнт потужності $\cos\phi$, використовується змішаний режим.

Технічні характеристики регулятора реактивної потужності Новар-114 КМБ-системс (Novar-114 КМБ-systems 14 ступенів)

Параметр	Novar 1114
Необхідний косинус	0,8 інд.- 0,8 ємн.
Час включення	5 - 1200 сек.
Час блокування повторного вмикання	5 - 1200 сек.
Струм найменшого конденсатора	(0,002 - 2 А) х коеф. ИТТ
Установка способу підключення	Автоматично або вручну
Діапазони, точність	90-275 V _{пер.} , 43-67Hz, 7VA
Напруга живлення	
Точність вимірювання напруги	+/-1% діапазона +/-1 розряд
Реакція на зникнення напруги	<=20ms
Вимірювальний струм (гальв. розділений)	0,002-7A
Опір струмового входу	<10 mOhm
Точність виміру струму:	
- діапазон 0,5 - 7A - діапазон 0,02 - 0,5A - діапазон 0,002 - 0,02A	+/-0,02A +/- 1 розряд +/-0,02A +/- 1 розряд +/-0,02A +/- 1 розряд
Максимальна кутова похибка при вимірюванні косинуса і потужностей	+/-1 при I>3% діапазону, інакше +/-3°
Точність вимірювання гармонічного руму і THD	±5% ± 1 розряд (при U, I>10% дьяпазону)
Діапазон виміру температури/точність	-30..60°C ±5°C
Кількість вихідних реле	14
Навантажувальна здатність вих. реле	250 Vзмін./ 4A
Кат. напруг, ст. забруднення	III - 2 по EN 61010-1
Умови експлуатації	клас C1 по IEC 654-1
Промислове приміщення	

3. Економічний розділ

3.1. Вступ

Проблема підвищення ефективності виробництва, передачі та споживання електроенергії актуальна хоча б тому, що зменшення енергоємності продукції дозволяє знижувати її собівартість і підвищити конкурентоспроможність. Актуальність цієї проблеми посилюється в країнах з обмеженими енергоресурсами (до таких країн можна віднести Україна, яка за рахунок своїх енергоресурсів задовольняє близько 50% потреб в енергоносіях). Ця проблема набуває надзвичайної актуальності в умовах, коли ціна імпортованих енергоносіїв перевищує прийнятний для економіки країни межа.

Компенсація реактивної потужності особливо актуальна для промислових підприємств. Значення реактивної потужності в електричній мережі промислового підприємства визначається параметрами і режимом роботи електроприймачів. Перетікання реактивної потужності є вимушеним баластом електричної мережі, їх наявність призводить до таких негативних явищ, як: збільшення навантаження; перевантаження ліній електропередач реактивними струмами, що збільшує активні втрати при передачі електроенергії до споживачів; збільшення суми платежу за використану електроенергію. Саме тому вони повинні бути обмежені. Досягти цього можна за допомогою вироблення частини необхідної реактивної потужності підключеними до шин відповідних енергоспоживаючих установок джерелами реактивної потужності.

Оскільки підприємство має різкоперемінний графік спожитої реактивної потужності, то у дипломному проекті було запропонована установка двох регульованих конденсаторних установок, які забезпечують потрібний рівень реактивної потужності і завдяки регулюванню цих установок зменшується перекомпенсація а також недокомпенсація реактивної потужності.

3.2. Розрахунок капітальних витрат

Таблиця 3.1

Підсумкова таблиця витрат на придбання електротехнічного обладнання

Перелік обладнання	кількість шт.	Ціна за 1 шт.	Затрати, тис.грн	Обґрунтування
Трансформатор ТМ-1600/10	2	7,8	156	'Трансенерго-ком'
Конденсаторна установка УКМ-0,4-100-5УЗ	2	14,076	28,152	ООО"Южная электротехническая компания"
Вимикач ВА 99М/250	2	0,844	1,688	ООО "ЕКФ"
Мікропроцесорний регулятор Novar 1114	2	2,621	5,242	KMB Systems
Кабель АВВГ 3х70+1х35	2 (20 м)	0,039	0,780	ООО "Кабельний завод "Енергопром"
Всього			191,862	

Капітальні витрати на здійснення проектного варіанта складають:

$$K_n = K_{об} + K_{Tr} + K_{мн} + K_{пл} + K_{дем} - Ц_{\phi},$$

де $K_{об}$ – вартість устаткування за зведенням витрат, тис. грн.; K_{Tr} – транспортно-заготівельні і складські витрати, тис. грн.; $K_{мн}$ – витрати на монтаж і налагодження устаткування, тис. грн.; $K_{пл}$ – планові накопичення, тис. грн.; $K_{дем}$ – витрати на демонтаж застарілого устаткування, тис. грн.; $Ц_{\phi}$ – ціна реалізації демонтованого устаткування.

$$K_n = 191,862 + 11,512 + 17,2662 + 5,1798 + 7,2 - 78 = 155,02 \text{ тис.грн.}$$

Капітальні витрати базового варіанта складають:

$$K_n^{\bar{}} = 176,566 + 15,890 + 4,767 = 197,223 \text{ тис.грн.}$$

3.3. Розрахунок експлуатаційних витрат

Річні експлуатаційні витрати по об'єкту проектування складають:

$$Z = C_a + C_T,$$

де C_a – амортизаційні відрахування; C_T – витрати на технічне обслуговування і поточний ремонт устаткування та мереж.

Таблиця 3.2

Розрахунок річних амортизаційних відрахувань

№ п/п	Найменування	Кількість	капітальні витрати тис.грн	Норма аморти- зації, %	сума аморти- зації, тис.грн.
1.	Базовий варіант Електрообладнання	8	197,223	15	29,583
	УСЬОГО				29,583
2.	Проектний варіант Електрообладнання	8	155,02	15	23,253
	УСЬОГО				23,253

Амортизаційні відрахування для проектного варіанта:

$$C_a = \frac{K_n \cdot H_a}{100},$$

де H_a – норми амортизаційних відрахувань, для нашого обладнання приймаємо 15%.

$$C_a = \frac{155,02 \cdot 15}{100} = 23,253 \text{ тис.грн.},$$

$$C_T = 0,0039 + 1,910 = 1,9139 \text{ тис.грн.}$$

Отже, річні експлуатаційні витрати по об'єкту проектування складають:

$$Z = 23,253 + 1,9139 = 25,1699 \text{ тис.грн..}$$

Експлуатаційні витрати базового варіанту складають:

$$Z^b = C_a^b + C_T^b;$$

$$C_a^b = \frac{197,223 \cdot 15}{100} = 29,583 \text{ тис.грн.};$$

$$C_T^b = 2 \text{ тис.грн.}$$

Отже, експлуатаційні витрати базового варіанту складають:

$$З^b = 29,583 + 2 = 31,583 \text{ тис.грн.};$$

3.4. Визначення річної економії від впровадження об'єкта проектування

Непряма економія визначається:

а) зниженням витрат підприємства від недовипуску продукції в результаті перерв в електропостачанні з різних причин:

$$\mathcal{E}_{\kappa 1} = \Pi_{\text{ч}} \cdot (Ц - S) \cdot \Delta t_{\text{пер}},$$

де $\Pi_{\text{ч}}$ – годинна продуктивність технологічного процесу виробництва продукції, од/годину; $Ц, S$ – ціна і собівартість продукції підприємства відповідно, грн./од.; $\Delta t_{\text{пер}}$ – скорочення часу простою технологічного процесу випуску продукції через перебої в електропостачанні, годин/рік.

$$\Delta t_{\text{пер}} = t_{\text{пер}}^{\phi} - t_{\text{пер}}^{np},$$

де $t_{\text{пер}}^{\phi}, t_{\text{пер}}^{np}$ – час простоїв до і після впровадження варіанта відповідно, годин/рік.

$$\Delta t_{\text{пер}} = 12 - 8 = 4 \text{ годин},$$

Отже, зниженням витрат підприємства від недовипуску продукції в результаті перерв в електропостачанні з різних причин:

$$\mathcal{E}_{\kappa 1} = 10 \cdot (8 - 6) \cdot 4 = 80 \text{ тис.грн.}$$

Річна економія від впровадження варіанта дорівнює:

$$\mathcal{E}_{\Gamma} = \mathcal{E}_{\kappa 1} = 80 \text{ тис.грн.}$$

Повна річна економія від впровадження варіанта визначається з урахуванням експлуатаційних витрат:

$$\mathcal{E}_n = \mathcal{E}_{\Gamma} - C = 80 - 34,1036 = 45,896 \text{ тис.грн.}$$

Повна річна економія базового варіанта:

$$\mathcal{E}_n^{\bar{}} = \mathcal{E}_T - C = 80 - 38,813 = 41,187 \text{ тис. грн.}$$

3.5. Визначення та аналіз показників економічної ефективності проекту

а) розрахунковий коефіцієнт ефективності капітальних витрат:

$$E_p = \frac{\mathcal{E}_n}{K}.$$

Для проектного варіанта:

$$E_p = \frac{45,896}{155,02} = 0,29.$$

Для базового варіанта:

$$E_p^{\bar{}} = \frac{41,187}{197,223} = 0,21.$$

б) термін окупності капітальних витрат:

$$T_p = \frac{K}{\mathcal{E}_n}.$$

Для проектного варіанта:

$$T_p = \frac{155,02}{45,896} = 3,37.$$

Для базового варіанта:

$$T_p^{\bar{}} = \frac{197,223}{41,187} = 4,79.$$

Для остаточної оцінки варіантів і вибору найбільш ефективного з них необхідно порівняти розрахункове значення E_p з нормативним значенням E_n .

Підприємство здійснює фінансування капітальних витрат за рахунок позикових коштів, тобто за рахунок банківського кредиту, то як нормативне значення E_n варто прийняти величину плати за кредит (кредитної ставки) $N_{кр}$.

Варіант визнається економічно доцільним, якщо розрахунковий коефіцієнт ефективності перевищує величину банківської кредитної ставки:

$$E_p > (N_{кр} + N_{инф})/100,$$

$N_{кр} = 15\%$ – банківська кредитна ставка, %; $N_{инф} = 9,6\%$ – річний рівень інфляції, %.

$$E_n = \frac{15 + 9,6}{100} = 0,25,$$

$$0,29 > 0,25.$$

Отже проектний варіант є економічно доцільним.

Висновок: Виробничі розрахунки свідчать про те, що розрахунковий коефіцієнт ефективності складає 29% – це типово для інвесторів. Розрахунковий строк окупності $T_p = 3,37$ років, що не перевищує $T_{min} = 5$ років, тому заміна конденсаторних установок та трансформаторів являється економічно доцільно.

4. Охорона праці

4.1 Аналіз небезпечних і шкідливих виробничих факторів на підстанції 10/0,4 кВ

Об'єктом дослідження даного підрозділу являється комплектна трансформаторна підстанція, яка складається з двох трансформаторів ТМ – 1600/10, розподільних щитів низької напруги, двох високовольтних вимикачів типу ВМГ-10 та секційний вимикача ВА-75-45, які знаходяться в комірках. В розподільних щитах встановлюються автоматичні вимикачі Masterpact NW. Трансформаторна підстанція знаходиться у закритій одноповерховій будівлі.

Небезпечні та шкідливі фактори, які можуть виникнути на підстанції:

- можливість ураження електричним струмом;
- можливість виникнення пожеж.

4.2. Інженерно-технічні заходи з охорони праці на підстанції 10/0,4 кВ

Дане приміщення належить до особливо небезпечних, тому що присутні дві ознаки приміщень підвищеної небезпеки ураження електричним струмом:

- можливість одночасного дотику людини до металоконструкцій, що мають з'єднання із землею, з одного боку і до металевих корпусів електрообладнання, з іншого боку;
- наявність струмопровідної бетонної підлоги.

Підстанція належить до закритих електротехнічних приміщень, встановлене електрообладнання, не вимагає постійного нагляду. Для короткочасного огляду, ремонту допускаються особи, які мають електротехнічну кваліфікацію III, IV групи. Трифазна три провідна мережа 10 кВ виконана з ізолюваною нейтраллю. Режим ізолюваної нейтралі забезпечує в мережі можливість продовження роботи і безперебійність електропостачання у випадках аварійного замикання на землю (струм замикання не перевищує декількох ампер).

Мережа підприємства напругою 380 В має незначну загальну протяжність та розгалуженість. Мережа виконується чотирьохпровідною схемою з глухим

заземленням нейтралі. Таке виконання обумовлено наявністю однофазних та трифазних споживачів.

Інженерно-технічні заходи, що використовуються для мінімізації ймовірностей ураження людини електричним струмом:

- розподільні щити мають закриті виконання, що перешкоджає доступу до частин під напругою і дверцята, що закриваються;
- комірки КРУ обладнані взаємним блокуванням дверцят комірки і апарату, що забезпечує заблоковане положення дверцят при включеному апараті і перешкоджає включенню вимикача при відкритих дверцятах;
- для виконання робіт у приміщенні підстанції слід використовувати ручний електрифікований інструмент з подвійною ізоляцією на напругу 36 В. Передбачається наявність діелектричних рукавичок і взуття, підлоги уздовж проходів накриваються гумовими килимками;
- захист від переходу високої напруги на сторону низької напруги в мережах з глухозаземленою нейтраллю вихід вторинної обмотки трансформатора заземлюють або зануляють, а також використовують екранну обмотку між первинною і вторинною обмотками;
- все обладнання на стороні 10 кВ повинно бути заземлено, а на стороні 380 В занулено, з використанням захисного нульового провідника РЕ.

4.3. Розрахунок захисного заземлення

Мета розрахунку – визначити основні параметри заземлювача (число, розміри, й порядок розміщення електродів на плані об'єкта, що захищається).

1. Вихідні дані:

напруга мережі - до 1000В; потужність трансформатора - 1000 кВА; розміри КТП: довжина – 24 м, ширина – 12 м; ґрунт - супісок; кліматична зона - третя.

2. Оскільки до заземлюючого пристрою приєднуються корпуси устаткування напругою до 1000В і вище, опір заземлюючого пристрою повинен задовольняти двом умовам:

$$R_{3y} \leq 67/I_3 \text{ и } R_{3y} \leq 4 \text{ Ом.}$$

Приймаємо $R_{3y}=4$ Ом як найменшу.

3. Тип заземлювача – контурний. Заземлювач розташований від стіни на відстані 2м. Електроди, що використовуються для заземлення: вертикальний – сталева труба діаметром 40мм, довжиною 3м та товщиною стінки 3,5 мм; горизонтальний – кругла сталь діаметром 10 мм..

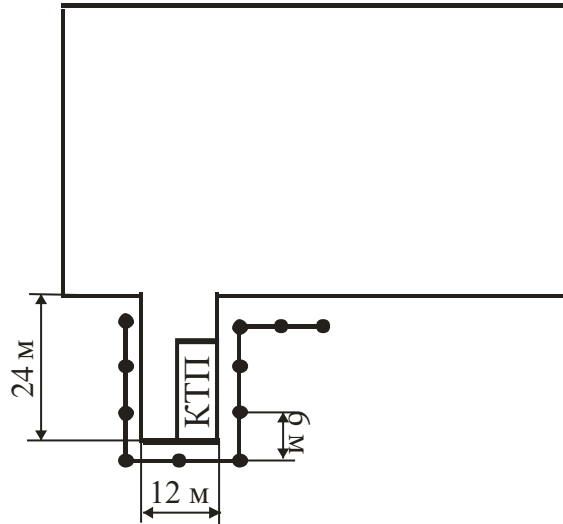


Рис.4.1. Попередня схема заземлюючого пристрою

4. Визначаємо розрахункові питомі опори ґрунту з урахуванням кліматичних коефіцієнтів окремо для вертикальних і горизонтальних електродів:

$$\rho_{\text{в.э}} = \rho_{\text{изм}} \cdot \psi_{\text{в.э}} = 100 \cdot 1,3 = 130 \text{ Ом} \cdot \text{м},$$

$\rho_{\text{изм}}$ - питомий електричний опір ґрунту, $\rho_{\text{изм}} = 100 \text{ Ом} \cdot \text{м}$ (таблиця 2) [1]; $\psi_{\text{в.э}}$ - кліматичний коефіцієнт, $\psi_{\text{в.э}} = 1,3$ (таблиця 3) [1];

$$\rho_{\text{г.э}} = \rho_{\text{изм}} \cdot \psi_{\text{г.э}} = 100 \cdot 2 = 200 \text{ Ом} \cdot \text{м},$$

$$\rho_{\text{изм}} = 100 \text{ Ом} \cdot \text{м}; \psi_{\text{в.э}} = 2.$$

5. Визначаємо опір одиночного вертикального електрода з урахуванням розрахункового питомого опору ґрунту:

$$R_{\text{в.э}} = \frac{\rho_{\text{изм.в}}}{2 \cdot \pi \cdot l} \cdot \left(\ln \frac{2 \cdot l}{d} + \frac{1}{2} \cdot \ln \frac{4 \cdot t + l}{4 \cdot t - l} \right) = \frac{140}{2 \cdot \pi \cdot 3} \cdot \left(\ln \frac{2 \cdot 3}{0,04} + \frac{1}{2} \cdot \ln \frac{4 \cdot 2,2 + 3}{4 \cdot 2,2 - 3} \right) = 37 \text{ Ом},$$

де $d = 0,04 \text{ м}$;

$$t = t_0 + \frac{1}{2} \cdot l = 0,7 + \frac{1}{2} \cdot 3 = 2,2 \text{ м}.$$

6. Визначаємо опір одиночного горизонтального електрода заземлювача (сумарна довжина) з урахуванням розрахункового питомого опору ґрунту:

$$R_{\text{с.э}} = \frac{\rho_{\text{изм.э}}}{2 \cdot \pi \cdot l} \cdot \ln \frac{l^2}{d \cdot t_0} = \frac{200}{2 \cdot \pi \cdot 76} \cdot \ln \frac{60^2}{0,01 \cdot 0,7} = 6,98 \text{ Ом},$$

де $d = 0,01 \text{ м}$; $l_{\text{с.э}} = 60 \text{ м}$;

$$t = t_0 + \frac{1}{2} \cdot l = 0,7 + \frac{1}{2} \cdot 3 = 2,2 \text{ м}.$$

7. Визначаємо коефіцієнти використання вертикальних і горизонтальних електродів([1] таблиці5; 6):

$$\eta_{\text{в.э}} = 0,68, \quad \eta_{\text{г.э}} = 0,4.$$

8. Обчислюємо розрахунковий опір штучного заземлювача з урахуванням отриманих значень:

$$R_{\text{зу.иск}} = \frac{R_{\text{в.э}} \cdot R_{\text{г.э}}}{R_{\text{в.э}} \cdot \eta_{\text{г.э}} + R_{\text{г.э}} \cdot \eta_{\text{в.э}} \cdot n_{\text{в.э}}} = \frac{37 \cdot 6,98}{37 \cdot 0,4 + 6,98 \cdot 0,68 \cdot 11} = 3,85 \text{ Ом}$$

Розрахунковий сумарний опір контуру заземлення підстанції складає $3,85 \text{ Ом} < 4 \text{ Ом}$, що відповідає вимогам ПУЕ.

4.4. Пожежна профілактика

Відповідно до класифікації виробництв по вибуховій, вибухопожежній та пожежній небезпеці КТП 10/0,4 кВ відноситься до категорії В, за ступенем вогнестійкості до 2-ї категорії. Трансформатори ТМ виготовляються в закритому виконанні. На підстанції для гасіння пожеж є вуглекислотні вогнегасники в кількості двох штук УП-2М, ящик з піском 1 м³, лопата, багор. Усі споруди підстанції виготовлені з вогнетривких матеріалів. Приміщення забезпечені пожежною сигналізацією.

Технічні засоби виявлення пожежі в приміщеннях, що захищається:

- ручний пожежний сповіщувач ИПР-1, кріпиться біля входних дверей на висоті 1,5 м від рівня підлоги;
- сповіщувач тепловий магнітний ИП 105-2, кріпиться на стелю за допомогою шурупів;
- сповіщувач пожежний димовий ИП 212-5 (ДИП-3), кріпиться на стелю за допомогою шурупів.

Висновки

У дипломному проекті розглянуті питання реконструкції системи електропостачання цеху №67 Південного машинобудівного заводу.

В результаті були замінені трансформатори та конденсаторні установки.

Одним з основних питань, що вирішуються при проектуванні та експлуатації системи електропостачання, є питання про компенсацію реактивної потужності, що включає розрахунок і вибір компенсуючих пристроїв, їх регулювання і розміщення на території підприємства.

Крім того у роботі були проведені відповідні технічні та економічні розрахунки, а також питання охорони праці і безпеки в надзвичайних ситуаціях та розраховано захисне заземлення.

Перелік посилань

1. Волотковський С.А., Щуцький В.І. та ін.. Електрифікація відкритих гірничих робіт. Підручник для вузів. – М.: Недра, 1987. 332 с.
2. Правила улаштування електроустановок. – Х.: Видавництво «Індустрія», 2008. – 424 с.
3. Рожкова Л.Д., Козулін В.С. Електрообладнання станцій та підстанцій: Підручник для технікумів. – 3-є вид., перероб. та доп. – М.: Енергоатоміздат, 1987. – 648 с. Неклепаєв В.Н., Крючков І.П.
4. Електрична частина електростанцій та підстанцій: Довідкові матеріали для курсового та дипломного проектування: Навч. Посібник для ВНЗ. – 4-е вид., перероб. та доп. – М.: Енергоатоміздат, 1989. – 608 с.
5. Медведєв Г.Д. Електрообладнання і електропостачання гірничих підприємств. Підручник для технікумів. – М.: Недра, 1980, 365 с.
6. Перехідні процеси в системах електропостачання: Підручник для вузів. Вид. 3-є, доправ. та доп./ Г.Г. Півняк, В.М. Винославський, А.Я. Рибалко, Л.І. Несен / За ред. академіка НАН України Г.Г. Півняка. - Дніпропетровськ: Видавництво НГА України, 2003. – 548 с.
7. Охорона праці в електроустановках. Під редакцією проф. Б.А. Князєвського. – 3-є вид., перероб. та доп., – М.: Енергоатоміздат, 1983. – 336 с.
8. Бухгольц В. П., Павловський А. А., Скрипка В. Л. Електрообладнання і електропостачання бурових і гірничих робіт. -М.: «Надра», 1976. - 216 с.
9. Федоров А. А., Старкова Л. Е. Навчальний посібник по курсовому та дипломному проектуванні по електропостачанню промислових підприємств: Навчальний посібник для вузів. – М.: Енергоатоміздат, 1987. - 368 с.
10. Справочник по проектуванню електропостачання / Під ред. В.І. Круповича, Ю.Г. Барібіна, М.Л. Самовєра. – 3-є вид., перероб. та доп. – М.: Енергія, 1980. – 456 с.

11. Методичні вказівки до виконання студентами Інститут електроенергетики в дипломних проектах (роботах) розділу «Охорона праці та безпека в надзвичайних ситуаціях» / В.І. Голінько, В.Ю. Фрундін, М. Ю. Іконніков – Д.: Національний гірничий університет, 2011. – 9 с.

12. Методичні вказівки до практичного заняття «Розрахунок захисного заземлення» з дисципліни «Охорона праці в галузі» для студентів усіх спеціальностей /Уклад. В. І. Голінько, В. Ю. Фрундін, Я. Я. Лебедєв, А. А. Литвиненко – Д.: Національний гірничий університет, - 2002. – 17 с.

Додаток А1

Матеріали дипломного проекту

	Позначення	Найменування	Кількість аркушів	Примітка
1		Графічна частина		
2	ЕЕ.ПД.20.01		1	А1
3	ЕЕ.ПД.20.02		1	А1
4	ЕЕ.ПД.20.03		1	А1